

Desenho e Simulação da operação de fotografia de artigos de moda para uma empresa de comércio eletrónico

Marco Filipe Silveira Teixeira

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Gonçalo Figueira



Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão

2017-06-09

“Each problem has hidden in it an opportunity so powerful that it literally dwarfs the problem. The greatest success stories were created by people who recognized a problem and turned it into an opportunity.”

Joseph Sugarman

Resumo

O setor da moda de luxo está cada vez mais em expansão. A inovação neste setor é um caminho para a obtenção de ganhos extraordinários. Juntando este fato com o fato de, atualmente, existir um crescente fascínio pelo comércio eletrônico, criam-se as condições perfeitas para uma ideia de negócio ideal. A empresa nasceu daí e, desde então, demonstrou ser um sucesso a nível mundial.

Atualmente, a obtenção de uma produção *lean*, onde as diminuições de desperdício são um passo fundamental para o sucesso de uma empresa, é crucial para o negócio. Com base nestes ideais, a otimização de áreas de stock, a alocação de buffers, o desenho de layouts, a implementação de sistemas pull, tornam-se fatores cruciais para conseguir obter resultados com menos desperdícios e, consequentemente, menores custos.

A falta de espaço e de capacidade produtiva era um fator problemático na empresa. Como tal, foi iniciada a construção de um novo edifício com o objetivo de aumentar a capacidade produtiva. No entanto, neste novo projeto nasceu a necessidade de otimizar o espaço a utilizar no mesmo.

Esta dissertação foi realizada com o objetivo de otimizar a alocação de buffers, o espaço dispendido em áreas de stock e o desenho do processo de produção da empresa. Não só com o objetivo de tornar o processo mais sustentável em termos monetários, como também em termos de gestão visual.

O projeto foi realizado utilizando diversos métodos e softwares. Efetuando-se uma simulação do processo no futuro, tendo em conta as previsões de crescimento da empresa. Para tal, foram sendo utilizadas metodologias de alocação de buffers, otimização de espaço e de desenho de layouts.

Os primeiros passos passaram pela recolha de dados, em SQL, e pela modelação concetual da simulação. Seguindo-se a modelação da simulação, em Anylogic. Com o modelo da simulação já em software, foram sendo efetuados estudos que permitissem perceber quais seriam os principais problemas relacionados com o processo no futuro. Além destes passos, foi feita uma análise aos resultados obtidos ao nível de validação e verificação do modelo.

As relações a retirar deste projeto foram variadas e permitiram não só obter resultados relativos àquilo que eram os objetivos propostos no começo do projeto, como também perceber quais seriam as estações mais problemáticas no futuro e em que medidas as mesmas poderiam impactar o processo. Os estudos de impacto das estações no processo foram conduzidos nos mais variados sentidos. Desde estudos relativos ao impacto em áreas de stock, como em tempo de processo e em tempos de ciclo.

As primeiras conclusões permitiram perceber que algumas estações têm mais impacto do que outras no processo. A esta foi dada uma atenção especial de modo a perceber quais seriam os principais problemas que poderiam impactar o processo. Outra conclusão que foi bastante visível foi a influência da variabilidade de algumas estações no restante processo.

Em termos de área de stock, foram verificadas as estações que precisavam de maiores áreas, quais necessitariam de buffers maiores e qual a melhor disposição das mesmas no layout do processo. Além destas necessidades foi analisada a possibilidade de criar um sistema de gestão visual de stocks que permitisse perceber em que estado se encontram as estações.

Em suma, em termos monetários, previram-se resultados positivos na ordem dos 140.000 € anuais com a poupança de espaço e de tempo em processo. Em termos espaciais, foram obtidos ganhos de cerca de 434 m². Além destes resultados, foram obtidas outras conclusões que poderão ser alvo de um estudo mais aprofundado no futuro.

Design and Simulation of the photography operation of fashion items in an ecommerce company

Abstract

Fashion luxury industry is each day expanding. Innovation in this industry is a way to obtain extraordinary gains. Gathering this fact with the fact of, nowadays, exist a growing fascination for the ecommerce, create the perfect conditions to an ideal business. The company born in this idea and, since then, show to be a worldwide success.

Nowadays, getting a lean production, where decrease waste are a fundamental step to the company success, is crucial for the company core business. Based on these ideals, stock area optimisation, buffer allocation, layout design, pull system implementation, become crucial factors to obtain results with less waste and, consequently, less costs.

The lack of space and productive capacity was a problematic factor in the company. As such, was started the new building construction with the objective of grow the productive capacity. However, in this project rised the necessity of optimize of space to spend in there.

This dissertation was realized with the objective of optimize buffer allocation, space dispended in stock area and design the production process of the company. Not only with the objective of make the process sustainable in monetary therms, but also in visual management therms.

The project was realized using different methods and softwares. Being that was done a process simulation in the future, based in forecasts of the company's growth. For that, were used methodologies of buffer allocation, space optimization and layouts design.

The first steps passed for data collection, in SQL, and for conceptual modeling of simulation. Followed by simulation modeling, in Anylogic. With the simulation model already in software, were carried out studies that allow to understand which are the main problems related with process in the future. Beside these steps, was done an analysis to the results obtained in validation and verification of the model. This served to approve all conclusions withdrawals from the project.

The findings to withdraw from this project were varied and allow not only obtain positive results from what were the objectives purposed in the beginning of the project, but also understand which would be the workstations more problematic in the future and in which measure they could impact the process.

First conclusions allow to understand that some workstations have more impacts than others in the process. To these was given a special attention, in way to understand which will be the main problems that could impact the rest of the process. Another conclusion that was visible was the influence of some workstations variability.

In terms of stock areas, was verified the workstations that need bigger areas, which ones need bigger buffers and which will be the best disposal into the process layout. Beside that need was analyzed the possibility of creating a visual management system of stocks that allow to understand in which state the workstations are.

In short, in monetary terms, were predicted positive results in the order of 140.000 € annual. In terms of space, were obtain gains of 434 m². Beside this, were obtained other conclusions that will be targeted of a more accurate study in the future.

Agradecimentos

Antes de mais, queria agradecer a todos aqueles que, durante o meu percurso académico, me apoiaram e fizeram deste período o mais desafiante, o mais divertido e, acima de tudo, o mais inesquecível da minha vida. Num percurso que nem sempre foi fácil, queria deixar um agradecimento especial, ao Miguel, à Sofia, à Vanessa, à Cristina, à Carrapatoso, ao Filipe, ao Gentil, ao Oliveira, ao Camoezas, ao Spranger, ao Carlos, à Maria, ao Esmeriz, à Bárbara, ao Roberto, à Ana Luísa, à Araújo, à Francisca e à Guimarães que, independentemente das dificuldades que pudessem estar a passar, sempre se demonstraram disponíveis para me ajudar.

Àqueles que me acompanharam nos seis meses mais alucinantes deste percurso, seis meses num país distante onde tudo parece estranho, Angelo, Pasquale, Giampiero, Cristian, Maria, Andrea, Marta, Natália, Esther, Susana, Roberto, Mario e Jaime, um especial agradecimento, “*Grazie per tutto!*”, “*Gracias por todo!*”.

Queria agradecer a todos os professores que me acompanharam sempre que necessitei. Em especial, ao meu orientador de projeto Gonçalo Figueira pela disponibilidade, profissionalismo e dedicação que sempre demonstrou ao longo deste período.

Um agradecimento a toda a empresa Farfetch pelas excelentes condições de trabalho proporcionadas, pelas oportunidades e pela flexibilidade ao longo deste período. Em especial, a toda a produção digital localizada no Avepark. Dentro dos quais não poderia esquecer, a equipa que me acompanhou de perto todos os dias, a eles, que sempre se demonstraram disponíveis para me ajudar, um especial agradecimento, Estefânia Freitas, Maria Silva, Bruno Pereira, João Martins, Pedro Resende e, claro, a minha orientadora Maria Morais.

Nos momentos mais stressantes da realização deste projeto, descarreguei muitas más energias e frustrações, que me permitiram avançar com mais força e dedicação, junto da comunidade 5.7 *CrossFit*, a todos eles também, um agradecimento.

Aos meus amigos de infância, Sara, Célia, Tânia, Filipa, Diana e Néilson um agradecimento pelo apoio que sempre demonstraram para que realizasse, com sucesso, esta etapa da minha vida.

Um agradecimento muito forte e especial para toda a minha família, principalmente, aqueles que sempre acompanharam de perto neste percurso Lisa, Paula, João, Ana, Paulinha, Nuno e Inês.

Aos meus pais e irmão, que sempre me apoiaram e ajudaram, para que concretizasse os meus sonhos e nunca desistiram de me apoiar, digo: Obrigado por tudo!

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1	Desenho da operação digital na Farfetch.....	1
1.2	Objetivos do projeto	3
1.3	Método seguido no projeto.....	3
1.4	Estrutura da dissertação	4
2	Enquadramento teórico	5
2.1	Simulação	5
2.1.1	Modelos de simulação	5
2.1.2	Simulação por Eventos Discretos	6
2.1.3	Problemas associados a simulação.....	7
2.2	Definição de Layouts.....	8
2.2.1	Layout por processo	8
2.3	Problemas de Alocação de Buffers	9
2.3.1	Metodologias de alocação de buffers	10
2.4	Sistema Pull	11
3	Apresentação do Caso de Estudo	12
3.1	Processo produtivo	12
3.1.1	Caso de artigos Duplicados:	14
3.1.2	Estações.....	15
3.2	Contexto inicial.....	16
3.2.1	Levantamento de dados	17
3.3	Fluxo do processo.....	19
4	Solução proposta	21
4.1	Alocação de Buffers	21
4.2	Modelo de simulação	21
4.2.1	Verificação e Validação do modelo proposto.....	23
4.3	Análise de Impactos.....	25
4.4	Análise do número ótimo de postos.....	27
4.4.1	Análise custo-benefício em Scan-Out.....	28
4.5	Análise do Fluxo de Processo.....	29
4.6	Layout do novo edifício	32
4.6.1	Reuniões com colaboradores	32
4.7	Estudos complementares.....	35
4.7.1	Número mínimo de postos necessários.....	35
4.7.2	Tempo em Áreas de stock	35
4.7.3	Layout da expansão	36
5	Conclusão e Trabalhos Futuros	37
5.1.1	Trabalhos Futuros.....	38
	Referências	40
	Bibliografia.....	41
ANEXO A:	Planta do Edifício	42
ANEXO B:	Ficheiro excel com previsões da empresa	46
ANEXO C:	Ficheiro de excel com resultados	50
ANEXO D:	Modelo de Simulação	58
ANEXO E:	Questionário	60

Índice de Figuras

Figura 1- Distribuição dos escritórios da empresa	1
Figura 2 - Processo Geral da empresa	2
Figura 3 – Atual Centro de Produção Digital Europeu.....	2
Figura 4 - Cronograma do Projeto.....	4
Figura 5- Diferentes Métodos de Modelação de Simulações, in <Grigoryev>,<AnyLogic 7 in 3 days>, <2016>	6
Figura 6 - Validação e Verificação da Simulação	7
Figura 9 - Layout por processo	9
Figura 7 - Linhas de Fluxo	9
Figura 8 - Linhas de Fluxo com Buffers	9
Figura 10 - Processo Produtivo Farfetch.....	12
Figura 11 - Exemplos de Fotos de Live Model	13
Figura 12 - Exemplo de uma foto de Flat	13
Figura 13 - Exemplo de uma foto de Stills.....	14
Figura 14 - Duplicados.....	15
Figura 15 - Diferencial entre artigos preteridos para vendas vs artigos produzidos por estação	16
Figura 16 - Layout do Edifício Atual	16
Figura 17 - Exemplo da base de dados em SQL.....	18
Figura 18 - Modelo 3D do Simulador	22
Figura 19 - Modelo 2D do Simulador	22
Figura 20 - Resultados dos questionários	23
Figura 21 - Impacto de Live Model Men e Women em Flat	25
Figura 22 - Impacto de Live Model Women em outras estações sem flat.....	25
Figura 23 - Perdas por dias de atraso a ir online.....	28
Figura 24 - Divisão das áreas de stock	29
Figura 25 - Sessões de trabalho	33
Figura 26 - 1ª Fase de divisão do layout.....	33
Figura 27 - Layout do Novo Edifício	34
Figura 28 - Layout da Expansão	36

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Previsões do número de estações de trabalho necessário	18
Tabela 2 - Distribuições dos tempos de ciclo	19
Tabela 3 - Percentagem das linhas de Produção.....	19
Tabela 4 - Previsões das necessidades reais vs previsões para a expansão	24
Tabela 5 - Área de stock em Scan-Out com mudança de desvio padrão	26
Tabela 6 - Área de stock necessária para 22 postos de Scan-Out.....	27
Tabela 7 - Análise Custo-Benefício do aumento de postos de Scan-Out	28
Tabela 8 - Área necessária para paragem de 4 horas	30
Tabela 9 - Área máxima para utilização	30
Tabela 10 - Área necessária para tempo intermédio.....	31
Tabela 11 - Definição final de áreas de stock	31
Tabela 12 - Área esperada vs Área ganha.....	32
Tabela 13 - Divisão das equipas	32
Tabela 14 - Número mínimo de postos necessários	35
Tabela 15 - Tempo em Área de Stock	35

1 Introdução

O mercado de comércio eletrônico aliado ao consumo de bens de luxo é ainda recente. Atualmente, a concorrência é reduzida neste setor, ou seja, um bom aproveitamento do mesmo pode portar ganhos relevantes em qualquer empresa. Segundo uma previsão do eMarketer, prevê-se um crescimento de, aproximadamente, 1.700 bilhões de dólares desde o ano de 2017 até 2020, no consumo de bens online. Aliado a este crescimento, segundo uma publicação do jornal New York Times, existe um mercado de bens de luxo que, atualmente, conta com um mercado de 259 mil milhões de euros.

A otimização de áreas de stock é, hoje em dia, uma das áreas onde empresas empregam cada vez mais tempo. Isto deve-se ao fato de, com o passar do tempo, se perceber que a otimização destas áreas acarreta não só uma diminuição de custos, como ganhos em diversos patamares. Numa empresa onde stock significa acumulação de custos externos à empresa, uma gestão de áreas de stock permite um ganho ainda mais acentuado.

Este projeto torna-se aliciante pelo fato de se aliar um negócio ainda muito recente e sem dados históricos muito grandes e consistentes, com uma área de estudo que prova cada vez mais portar ganhos, como é a otimização de áreas de stock.

1.1 Desenho da operação digital na Farfetch

A Farfetch é uma empresa de comércio eletrônico criada em 2008, em Londres. O seu criador José Neves, deu início à empresa como uma startup. Em 9 anos, a empresa cresceu e tem agora escritórios em 11 cidades do mundo inteiro. Entre elas Los Angeles, Nova Iorque, São Paulo, Lisboa, Porto, Guimarães, Londres, Moscovo, Hong Kong, Shanghai e Tóquio. Estes escritórios podem ser mais voltados para o desenvolvimento da plataforma e para as equipas relacionadas com o core business da empresa, desde acordos com boutiques, análises de mercado, análises de projetos, finanças, entre outros, ou para a produção digital de conteúdos, ou seja, produção fotográfica e as respetivas descrições de produtos.



Figura 1- Distribuição dos escritórios da empresa

Os principais produtos vendidos pela empresa são artigos de luxo ao nível da moda. Atualmente, a empresa conta com mais de 450 boutiques e marcas espalhadas por todas as partes do mundo. Entre elas existem boutiques de renome como Browns, Stefania Mode, Vitkac ou, então, marcas como Gucci, Saint Laurent, Dolce & Gabbana e Alexander McQueen.

A empresa tem como base do seu negócio a comercialização dos artigos que estas marcas ou boutiques querem expor na plataforma da empresa. No entanto, a empresa não acarreta qualquer custo a nível da compra dos artigos, apenas serve de intermediário entre as boutiques ou marcas, que funcionam como parceiros de modo a atingir o consumidor final. Na Figura 2 pode-se visualizar o modo, muito generalizado, como decorre o processo da empresa

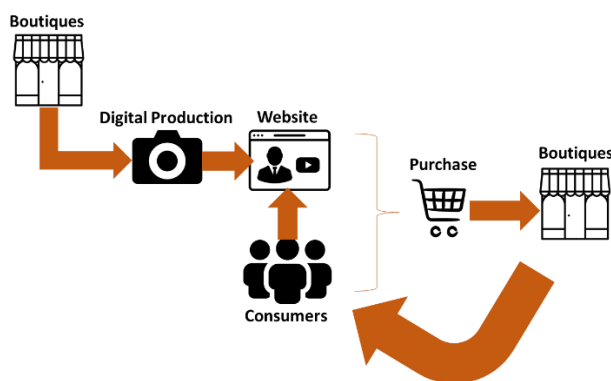


Figura 2 - Processo Geral da empresa

No caso do projeto de dissertação, o mesmo foi realizado na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e no Avepark, Zona industrial da Gandra, Barco, sendo este escritório correspondente ao principal centro de produção digital da Farfetch, único da empresa localizado na Europa, por onde passam cerca de 90% dos artigos digitalmente produzidos.

Ao longo dos últimos anos, a empresa tem sofrido um forte crescimento que tem ultrapassado todas as previsões. Este crescimento impossibilitou a produção digital de dar uma resposta rápida a todos os pedidos efetuados pelas boutiques. De modo a evitar que isto aconteça a empresa iniciou o projeto de construção de um novo edifício para o seu centro de produção digital.

Com o novo edifício surgiu, também, a necessidade de repensar aquilo que era a organização e a utilização das áreas de stock, até ao momento. Este foi um dos principais objetivos deste projeto. O modo como os produtos avançam na cadeia produtiva baseia-se num sistema Push, onde estrangulamentos e faltas de abastecimento causam paragens e custos acrescidos à empresa. Surgiu a necessidade de efetuar um estudo de modo a implementar uma metodologia diferente. Esta metodologia permitiria a fluência de artigos ao longo do processo e evitaria estrangulamentos e áreas de stock sobrecarregadas.

Acrescido à otimização das áreas de stock e ao modo como a produção lida com as mesmas, surgiu, também, a necessidade de repensar o processo de um modo inovador. O objetivo não seria alterar a base do mesmo, mas criar condições que permitissem uma maior rapidez e que lhe acrescentassem valor.



Figura 3 – Atual Centro de Produção Digital Europeu

1.2 Objetivos do projeto

Os principais objetivos deste projeto são a alocação, o mais otimizada possível, de buffers no processo de produção digital da empresa e o desenho do layout final do processo produtivo.

Como foi referido anteriormente, a produção digital está com um problema de capacidade e necessita de um novo edifício que consiga dar resposta à quantidade de artigos que a empresa se compromete a produzir. Para além deste projeto de construção, a empresa tem por objetivo a otimização do espaço requerido para produção. Deste modo, em caso de picos inesperados de produção a empresa poderá dar uma resposta rápida e sem constrangimentos. A otimização deste espaço de produção passa pela otimização de áreas de stock intermédias, com a alocação de buffers em estações de trabalho estratégicas e o desenho do melhor layout possível, de modo a que existam menos perdas por transporte.

Além desta otimização do espaço e do layout do processo produtivo, o projeto visa também a implementação de um controlo visual de stock intermédio, que permita a implementação de um sistema Pull.

1.3 Método seguido no projeto

O desenvolvimento deste projeto baseou-se no cronograma contido na Figura 4. As formações, que na empresa são reconhecidas como induções, são a base para a interpretação e reconhecimento de tudo aquilo que se sucede no negócio e no processo produtivo da mesma. Estas induções permitiram a perceção de tudo aquilo que envolve o negócio, de todas as áreas de trabalho e também de todo o processo, especialmente do processo produtivo, onde se concentra este projeto.

Um trabalho de revisão teórica foi também de especial relevância para estudar e adaptar possibilidades e soluções para os problemas apresentados. A etapa de modelação do problema e de soluções permitiu definir um modelo a seguir para iniciar o processo de simulações, tendo em conta restrições, variáveis e objetivos. As reuniões com os responsáveis das equipas permitiram ter uma visão mais alargada daqueles que poderiam ser os problemas de implementação do novo layout e de quais são os problemas que mais afetam a performance das respetivas equipas de trabalho. A etapa de realização de um protótipo de layout é fundamental para perceber quais serão os problemas genéricos de implementação do mesmo. Em conjugação, as duas etapas anteriores permitem elaborar o layout final a apresentar à empresa.

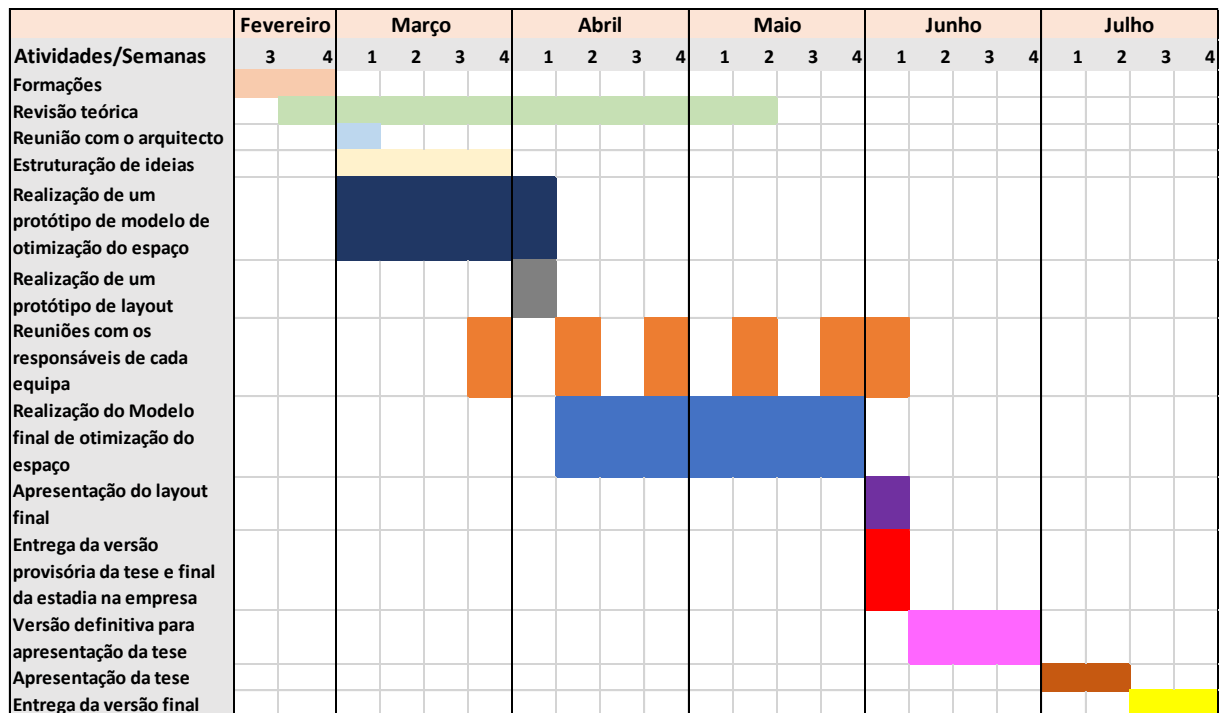


Figura 4 - Cronograma do Projeto

1.4 Estrutura da dissertação

Esta dissertação estará dividida em cinco grandes tópicos. Entre os quais a introdução, o enquadramento teórico, a apresentação do caso de estudo, a solução proposta e, por fim, a conclusão e trabalhos futuros.

No enquadramento teórico faz-se a apresentação do estudo realizado para completar este projeto.

Na secção de apresentação do caso de estudo, faz-se referência ao estado atual do processo produtivo, como e onde foi realizada a recolha de dados para realização do projeto. Já na solução proposta, apresentam-se os resultados obtidos e as soluções para o problema encontrado e como implementá-las.

Por fim, na conclusão e trabalhos futuros faz-se uma breve conclusão daquilo que foi sugerido à empresa e não só quais foram os problemas que foram sendo encontrados, como também a sugestão de novos projetos que se comprometem a resolvê-los.

2 Enquadramento teórico

Para o projeto em questão, foram analisadas diversas questões como o uso de modelos de simulação em problemas de alocação de buffers, a implementação de sistemas pull e o desenho de layouts. A questão do uso de modelos de simulação em problemas de alocação de buffers teve, também, um estudo mais aprofundado em dois níveis: modelos de simulação e problemas de alocação de buffers.

2.1 Simulação

De acordo com Ingalls (2008), simulação é o processo de projetar um modelo de um sistema real e conduzir experiências com este modelo para entender o comportamento do sistema ou a avaliação de várias estratégias para a operação do mesmo. Segundo Chwif *et al* (2002a), existem duas metodologias avaliativas para a análise de cadeias de abastecimento, análise baseada em folhas de cálculo e análise por simulação. De acordo com Chwif *et al* (2002b), o uso de simulação considera não só os aspetos estocásticos, como os dinâmicos dos casos em estudo. Estes aspetos permitem uma análise mais detalhada do problema.

2.1.1 Modelos de simulação

Os modelos de simulação acarretam diferentes perspetivas sobre a sua utilização em termos práticos. Segundo Kleijnen (2005a), por definição, os modelos de simulação têm as seguintes três características:

- Modelos quantitativos, matemáticos e computadorizados;
- Modelos dinâmicos; i.e., têm pelo menos uma equação com pelo menos uma variável que se refere pelo menos a dois pontos distintos no tempo;
- Modelos que não são resolvidos por análises matemáticas; em vez disso, os trajetos de tempo das variáveis dependentes (outputs) são computadorizados, dado o estado inicial do sistema simulado, e dados os valores das variáveis exógenas (inputs).

No entanto, existem alguns modelos que não são dinâmicos, como é o caso da simulação de Monte Carlo, ou resolvidos por análises matemáticas.

Segundo Grigoryev (2015), os modelos de simulação podem assumir três métodos distintos tendo em conta os problemas a que se propõem resolver. A modelação pode ser feita então através de DE (Modelação de Eventos Discretos), AB (Modelação Baseada em Agentes) ou SD (Modelação Dinâmica de Sistemas), tendo em conta a influência que terão ao nível da empresa, como demonstrado na Figura 5, abaixo representada.

No caso de se tratar de um problema que implique a modelação de diferentes partes do sistema, poder-se-á utilizar um modelo multimétodo.

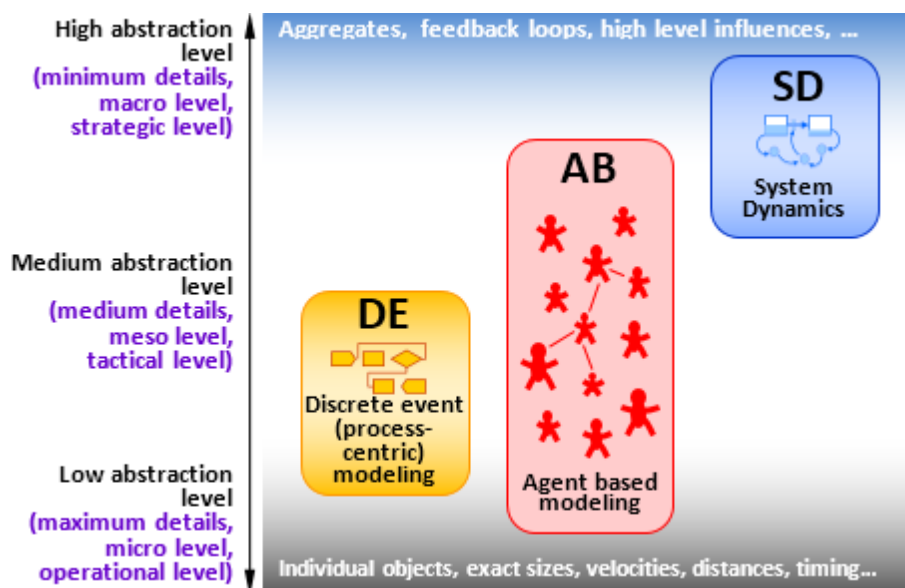


Figura 5- Diferentes Métodos de Modelação de Simulações, in <Grigoryev>, <AnyLogic 7 in 3 days>, <2016>

2.1.2 Simulação por Eventos Discretos

Os modelos de Simulação por Eventos Discretos (DES) são utilizados para a operação de um sistema que funciona como uma sequência de eventos discretos no tempo. Cada evento ocorre numa altura específica do tempo e marca uma mudança de estado no sistema.

Segundo Ingalls (2008b), a DES é muito utilizada para avaliar sistemas de enfileiramento e tem uma estrutura baseada em três fatores: as entidades, as atividades e os eventos. Estes três fatores podem ser conjugados por uma fórmula:

$$\text{Entidades} + \text{Atividades} = \text{Eventos}$$

Sendo assim, podem-se definir as entidades como algo que pode causar mudanças no estado da simulação e são compostas por atributos que as tornam únicas. Estes são também importantes para entender o desempenho e a função das entidades no sistema. Nem sempre as entidades são físicas. Podem também ser fluxos de informação.

Atividades correspondem a processos e a lógica. Os eventos são condições num determinado ponto do tempo. Das atividades, em simulação, podem-se distinguir três diferentes tipos: atrasos, filas e atividades lógicas. Os atrasos são atividades que ocorrem quando uma entidade é atrasada por um determinado período de tempo. As filas são lugares onde as entidades aguardam por um tempo indefinido. Por fim, as atividades lógicas correspondem a atividades que permitem a entidades afetar o sistema através da manipulação de variáveis de estado ou decisões lógicas, como por exemplo num supermercado a decisão de permanecer ou não numa fila de espera pelo pagamento ou simplesmente sair e não efetuar nenhuma compra.

Além destes três elementos existem componentes básicos num modelo DES, os recursos, as variáveis globais, gerador de números aleatórios, o calendário, as variáveis de estado do sistema e os coletores de estatística.

Em simulação, os recursos representam alguma coisa que tenha uma capacidade restrita. Alguns exemplos são funcionários, máquinas, entre outros. As variáveis globais que são de extrema importância, pois com a mudança destas podemos obter a efetividade do sistema nas mais variadas formas. No caso de geradores de números aleatórios, os mesmos são software que geram números aleatórios entre 0 e 1 e estes são utilizados em distribuições de amostras aleatórias. O calendário corresponde a uma lista organizada de eventos que ocorrerão no evento.

As variáveis de estado do sistema podem ser dos mais variados géneros e um bom exemplo, que é comum a praticamente todos os softwares de simulação, é o tempo atual do sistema. Por fim, os coletores de estatística são uma parte da simulação que recolhe estatísticas em determinados estados, ou do valor de variáveis globais, ou baseadas na performance das entidades (Ingalls, 2008c).

2.1.3 Problemas associados a simulação

Segundo Kleijnen (2005b), em termos de metodologia, podem-se distinguir quatro tipos de problemas associados a simulação: a verificação e validação, a análise de sensibilidade, a otimização e as análises de robustez, risco e incerteza. Existe uma variedade muito grande de técnicas utilizadas para resolver estas quatro questões, no entanto, normalmente a base são as soluções estatísticas para o desenho de experiências.

Verificação e Validação:

Segundo Sargent (2014a) , no ponto de vista das decisões de verificação e validação, podem-se referir três diferentes tipos: a equipa de desenvolvimento decide se o modelo de simulação é válido (a), os utilizadores do modelo de simulação decidem a sua validade (b), uma “verificação e validação independente” que usa uma terceira parte para decidir se o modelo é válido (c).

Na Figura 6, em baixo esquematizada, encontra se aquilo que é a versão simplificada do processo de desenvolvimento do modelo.

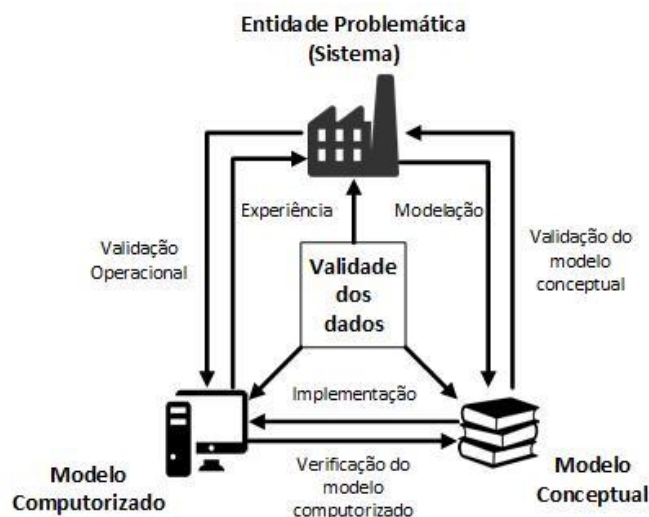


Figura 6 - Validação e Verificação da Simulação

Segundo Sargent (2014b), pode se definir a entidade problemática (sistema) como o problema/caso a ser modelado, o modelo conceptual como uma representação gráfica/matemática/lógica do caso em estudo e o modelo computorizado como o modelo conceptual traduzido em software.

A validação do modelo conceptual consiste na aceitação da representação feita do caso em estudo e perceção do encontro com o objetivo a ser solucionado. A verificação do modelo computorizado é verificação daquilo que é o modelo já introduzido no software em comparação com aquilo que era o modelo conceptual. Por fim, a validação operacional consiste na aceitação do modelo encontrado no software como um modelo aceitável tendo em conta aquilo que eram as expectativas do caso em estudo.

Segundo Kleijnen (2005c), os dados são a principal fonte de resultados falhados na modelação de uma simulação, o que requer muita atenção na recolha dos mesmos. Estes são usados com três diferentes propósitos: para construção do modelo conceptual, para validação do mesmo e

para criar experiências com o modelo. O que acontece com frequência é que esta validação de dados não é incluída na verificação e validação do modelo porque é muito dispendiosa, não só em termos de tempo como de custos.

Os desenhos de experiências são um dos métodos estatísticos quantitativos utilizados para validação dos modelos. Este método permite perceber se os efeitos estimados da mudança de inputs do modelo de simulação vão de encontro ao conhecimento qualitativo dos especialistas sobre o sistema (Kleijnen, 2005d).

2.2 Definição de Layouts

Além da análise de sistemas em situações futuras, um dos principais problemas numa linha de produção é o modo como a mesma estará organizada. Os sistemas de produção são organizados de maneira a obter o melhor produto possível e minimizando custos, de acordo com Kolb e Göttlich (2015). A implementação de sistemas Pull, a alocação de buffers e o desenho de layouts têm um papel fundamental nesta melhoria a nível de minimização de custos, sem perda de produtividade.

O desenho de layouts faz com que o processo seja organizado de modo a permitir o máximo de eficiência possível ao nível de transporte. Este tipo de desenhos permite o aumento do desempenho, tendo em conta os ganhos de obter um processo mais organizado (Yang e Hung, 2007).

As metodologias de layouts permitem obter os mais diversos ganhos. Desde a flexibilidade, à poupança de espaço, à acessibilidade, à coordenação do fluxo até ao conforto dos trabalhadores, são alguns dos ganhos mais desejados com o uso destas metodologias.

Dentro das metodologias para layouts podem-se identificar cinco:

- Layout por processo;
- Layout posicional;
- Layout por produto;
- Layout celular;
- Layout misto.

Neste projeto, o estudo recairá sobre o layout por processo, sendo este o mais adequado para o processo produtivo em questão.

2.2.1 Layout por processo

A escolha deste layout é apropriada para processos com produtos variados, onde existe a necessidade de flexibilidade na mudança de produto. As operações nestes layouts não são sequenciadas, ou seja, o produto pode dirigir-se para qualquer estação de trabalho sem passar por outra obrigatoriamente. Na Figura 7, demonstra-se um esquema de layout por processo.

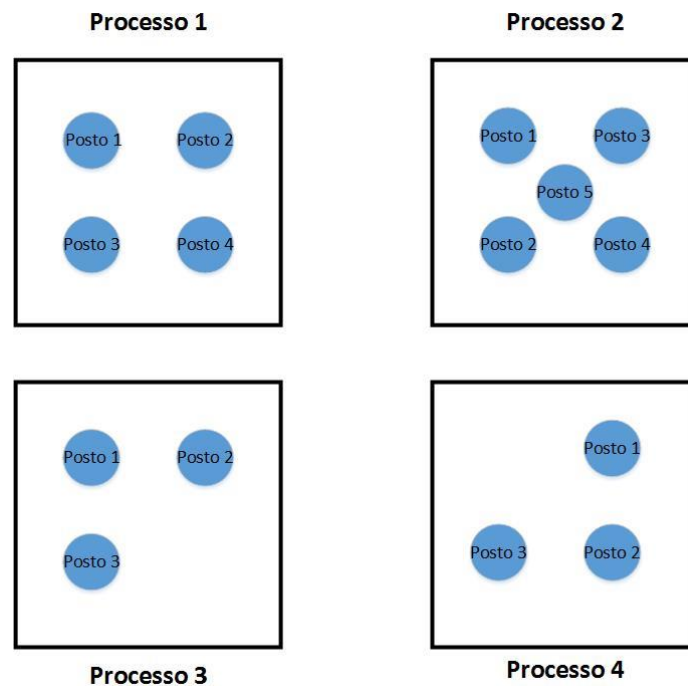


Figura 7 - Layout por processo

2.3 Problemas de Alocação de Buffers

Segundo Vergara e Kim (2009), a alocação de buffers em linhas com muitos operadores humanos é de extrema importância. E que em linhas com mais do que algumas estações de trabalho, a alocação de buffers nem sempre é simples.

Segundo Weiss *et al* (2016), linhas de fluxo são, geralmente, sistemas de manufatura que permitem a produção de grandes volumes de peças a baixos custos. As linhas de fluxo são associadas a máquinas/processos em série que podem ser considerados imprevisíveis e causam, normalmente, interrupções estocásticas.

Na Figura 8, pode-se visualizar um exemplo de uma linha de fluxo com k processos.

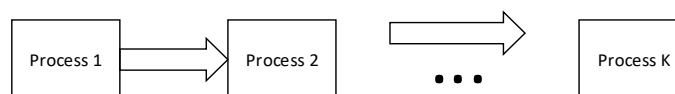


Figura 8 - Linhas de Fluxo

O problema em linhas produtivas com processos estocásticos é que, não havendo previsões de quando poderão ocorrer paragens, existe uma necessidade de arranjar soluções alternativas, no caso de paragem dos mesmos. Uma das soluções passa pela criação de buffers, que permitam o controlo do processo produtivo, ou seja, que permitam não só abastecer estações em caso de paragem da linha, mas também parar estações em caso de excesso de stock na estação seguinte. Na Figura 9 pode visualizar-se um exemplo de uma linha de fluxo com k processos e k-1 buffers.

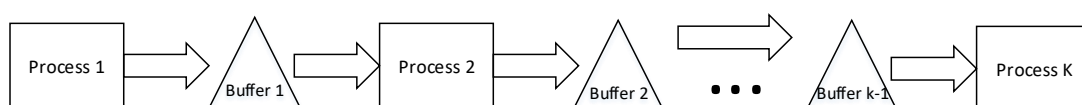


Figura 9 - Linhas de Fluxo com Buffers

Segundo Gershwin e Schor (2000a), a taxa de produção é uma função crescente do espaço de buffers, ou seja, normalmente, com um espaço de buffers crescente pode-se encontrar uma taxa de produção também ela crescente.

2.3.1 Metodologias de alocação de buffers

A metodologia a adotar perante um problema de alocação de buffers depende do tipo de problema que se pretende resolver. Existem dois modos de classificação do problema, segundo Gershwin e Schor (2000b), Problema Primal ou Dual. No caso de um Problema Primal, o principal objetivo é diminuir o espaço ocupado pelos buffers ao longo do processo, já no Problema Dual, o principal objetivo é maximizar a taxa de produção. No caso de material discreto, ou seja, com máquinas com iguais tempos de processo, tempos entre paragem e tempos de reparação, é possível utilizar um método de decomposição aproximado, desenvolvido por Gershwin em 1987, para determinar a taxa de produção e o nível de buffers. Para material contínuo, com máquinas com diferentes tempos de processo e com tempo entre falhas e de reparação distribuídas exponencialmente, é possível utilizar o modelo contínuo e o algoritmo ADDX, desenvolvido por Burman em 1995.

Segundo Gershwin e Schor (2000c), para o Problema Primal, o objetivo é encontrar o tamanho dos buffers (N_1, \dots, N_{k-1}) que minimiza o espaço total ocupado pelos mesmos N^{TOTAL} , de modo a que a taxa de produção P seja maior ou igual a P^* . Traduzido então por:

$$\text{Minimizar } N^{TOTAL} = \sum_{i=1}^{k-1} N_i \quad (1)$$

$$\text{Sujeito a } P(N_1, \dots, N_{k-1}) \geq P^*; P^* \text{ especificado, } (2)$$

$$N_i \geq N^{MIN}, i = 1, \dots, k - 1. \quad (3)$$

As propriedades qualitativas asseguram que a solução será encontrada com a restrição (2) satisfeita por uma igualdade.

O algoritmo para um Problema Primal é de difícil resolução, porque há uma grande dificuldade de construção (N_1, \dots, N_{k-1}) de modo a satisfazer a equação (2) com uma igualdade. Deste modo o Problema Primal é resolvido através da divisão do mesmo em dois subproblemas: o Dual e o Problema Primal Unidirecional (ODPP).

Este ODPP é resolvido através de um problema unidirecional:

$$\text{Minimizar } N^{TOTAL} \quad (4)$$

$$\text{Sujeito a } P_{MAX}(N^{TOTAL}) \geq P^*; P^* \text{ especificado, } (5)$$

$$N^{TOTAL} \geq (k - 1)N^{MIN} \quad (6)$$

Segundo Schor (1995), que desenvolveu uma investigação unidirecional que é baseada na propriedade que $P_{MAX}(N^{TOTAL})$ é monotonamente crescente em N^{TOTAL} . O algoritmo requer a suposição inicial N^1 , ou seja, uma primeira suposição de espaço despendido em áreas de buffer. A avaliação de $P_{MAX}(N^1)$ é efectuada através do algoritmo Dual. Além disso, é necessária a $P_{MAX}(0)$, ou seja, a taxa de produção máxima para um espaço total de buffers igual a zero. É construída uma aproximação linear de $P_{MAX}(N^{TOTAL})$, que será usada para calcular N^2 , a segunda suposição. Para $j \geq 2$, $P_{MAX}(N^j)$ é avaliado usando o algoritmo Dual, j é incrementado e itera-se. Cada iteração usa N^j e N^{j-1} para calcular $P_{MAX}(N^{TOTAL})$. Isto continua até se atingir um $P_{MAX}(N^{TOTAL})$ suficientemente próximo de P^* .

Existem também metodologias propostas com base em probabilidades de colisão. Segundo Chiba (2015), as colisões devem ser sempre evitadas. No entanto, no caso de estudo deste projeto, a influência das colisões é praticamente nula.

2.4 Sistema Pull

Um sistema com um fluxo Pull é um sistema que pretende minimizar o stock intermédio, produzindo apenas aquilo que é necessário para o cliente. Os produtos chegam à estação seguinte numa metodologia JIT (*Just-In-Time*) e completam o processo rapidamente. Para que tal aconteça, o processo é baseado num sistema em que algo só é produzido se for efetivamente necessário.

Para que um fluxo de Pull seja implementado tem de haver um ataque direto ao desperdício, aos problemas e tendo por intenção agilizar ao máximo um sistema produtivo.

De acordo com Spearman e Hopp (2004), apesar de as melhorias a nível ambiental serem uma influência, há três razões lógicas para que se sugira uma melhoria na performance através dos sistemas de Pull:

- Menos congestionamento;
- Facilidade no controlo de material WIP (*Work-In-Progress*);
- Prevenção na explosão de WIP.

Este fluxo é contrário ao fluxo Push, onde a empresa empurra até ao cliente os produtos que pretende vender. Este sistema utiliza previsões de mercado e um armazenamento de WIP.

Para que um fluxo como o Pull seja introduzido numa empresa é necessário a introdução ao conceito de produção *Just-In-Time*. Este conceito foi inicialmente introduzido no Japão e tem por base um conjunto de atividades que permita atingir um grande volume de produção reduzindo ao máximo o stock intermédio, de acordo com Ohno (1988).

3 Apresentação do Caso de Estudo

A empresa em causa tinha, como já mencionado anteriormente, uma necessidade de otimização de espaço e diminuição de desperdícios de tempo. Aliada a esta necessidade foi feito um levantamento de tudo aquilo que eram os processos e os dados da empresa.

3.1 Processo produtivo

A produção na Farfetch tem como output as fotos e descrições dos produtos enviados pelas boutiques. Na Figura 10, descreve-se o processo de um modo mais detalhado.

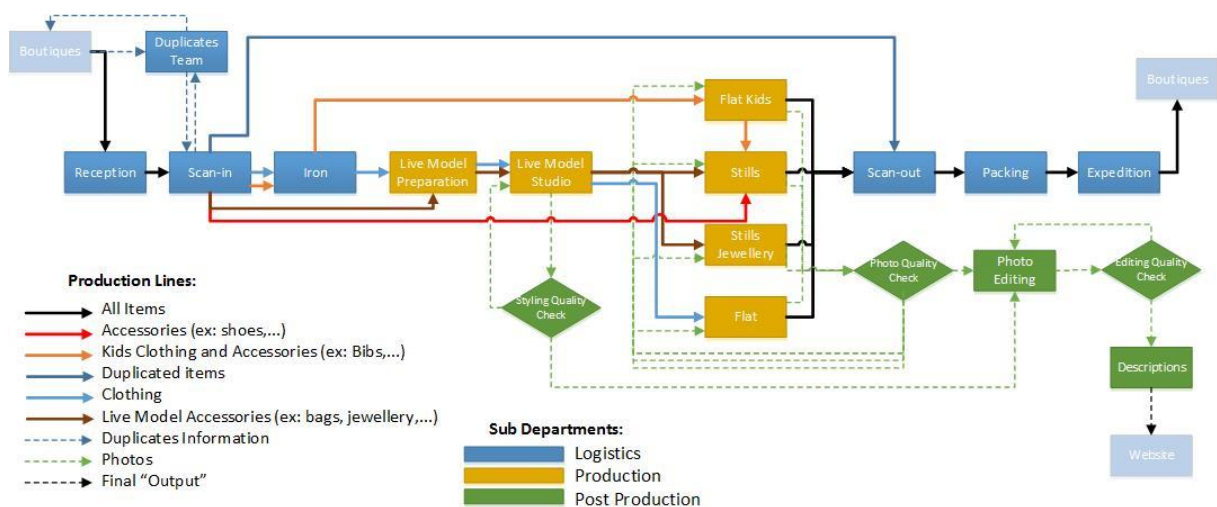


Figura 10 - Processo Produtivo Farfetch

Fazendo uso da Figura 10, o processo inicia-se quando as boutiques enviam os produtos para a Farfetch através de uma empresa de distribuição. Dentro do processo produtivo a estação de Receção dá entrada aos *slots*¹ enviados pelas boutiques, coloca as respetivas prioridades de produção, definidas pelo planeamento, e espera que o Mizu² as distribua pelos postos da estação de Scan-In. Nestes, os *slots* são abertos e cada artigo dá entrada em sistema após ter sido feita a verificação de qualquer defeito que possa conter e também se se trata ou não de um duplicado. Posteriormente, o artigo é colocado em rail/caixa, consoante a sua categoria e género. Estes sistemas de transporte, são também aqui devidamente identificados com o número da sua prioridade e posteriormente encaminhados para a área de stock do posto, onde aguardam pela passagem do Mizu para a distribuição pelas diferentes estações.

Na estação de Iron os artigos recebem o tratamento que necessitam ao nível de engomagem. Já em Live Model Preparation os artigos são analisados por estilistas que os conjugam de modo a produzir *outfits*. Podem ser conjugados com outros artigos da mesma boutique que se encontrem também na área de preparação ou com os artigos de *toolkit*, conjunto de básicos comprados pela empresa para a produção de *outfits*. Em seguida, segue-se a estação de Live Model Studio onde são produzidas 3 fotos diferentes com modelos. Na Figura 11, pode ser visualizada uma imagem

¹ Slot - conjunto de peças enviado por uma boutique. pode ou não corresponder apenas a um volume/caixa. Cada slot contém no máximo 50 peças.

² Mizu- Normalmente definido como Mizusumashi, comboio logístico, na empresa é definido por um colaborador que faz o transporte de artigos entre estações.

de um exemplo de fotos retiradas em Live Model. Neste momento, a empresa faz uma distinção na estação de Live Model devida ao fato de se utilizarem modelos do sexo oposto nas sessões. Live Model Men utiliza um modelo masculino e Live Model Women um modelo feminino. Além desta distinção física, os tempos de ciclo das estações são diferentes, sendo que artigos femininos demoram uma quantidade de tempo superior para serem fotografados. É após esta etapa do processo que tem lugar o controlo de qualidade ao nível de *styling*, ou seja, do modo como foi feita a conjugação do *outfit*. Caso o mesmo seja rejeitado, volta a ser fotografado.



Figura 11 - Exemplos de Fotos de Live Model

Consoante a linha de produção alguns artigos seguem caminho para a estação de Flat, artigos de vestuário, onde são retiradas fotos de modo a que seja possível montar uma imagem a 3 dimensões da peça, com o apoio de um manequim, como se pode visualizar na Figura 12. No caso de não se tratarem de artigos de vestuário, podem ser encaminhados para duas diferentes estações: Stills ou Stills Jewelry. Aqui são retiradas fotos aos artigos de modo isolado, como se pode visualizar na Figura 13. A diferença entre as estações é que a nível de joalharia as fotos têm de ser retiradas com maior detalhe e, portanto, são realizadas em estúdios isolados.



Figura 12 - Exemplo de uma foto de Flat



Figura 13 - Exemplo de uma foto de Stills

Na estação de Flat Kids os artigos seguem o método utilizado na estação de Flat, sendo que, neste caso, as fotos são realizadas em cabide e com a ajuda de uma técnica que permite a colocação de ímãs nas peças, criando uma imagem a 2 dimensões.

Após a passagem por todas estas estações existe um controlo de qualidade ao nível das fotos, para que se perceba se existiu, efetivamente, qualidade no trabalho realizado. Caso o controlo de qualidade tenha um *feedback* positivo em termos fotográficos, os artigos aguardam numa estação de stock intermédio, isto até que todos os artigos do mesmo slot recebam essa mesma nota de qualidade e possam seguir processo para a estação de Scan-Out.

Na estação de Scan-Out, o Mizu faz a distribuição dos rails/ pelos diferentes postos. Nesta estação os colaboradores inserem em sistema todo o conteúdo referente à composição e medidas do artigo, fazem uma nova verificação de qualidade dos artigos e uma parte do processo de proteção e embalagem dos mesmos.

Por fim, nas estações de Packing e Expedição, é feito o empacotamento das peças por slots, com as caixas provenientes das lojas e que foram guardadas após o processo de Scan-In, esta reutilização permite à empresa ganhar tempo e dinheiro. Depois de todos os artigos do mesmo slot serem colocados nas respetivas caixas, os mesmos são encaminhados para Expedição. Aqui as caixas são fechadas, pesadas, medidas e recebem carta de porte, sendo *a posteriori* encaminhadas para uma área de stock, aguardando transporte de volta para as boutiques.

Em relação às fotos, estas sofrem 3 processos de qualidade, dois dos quais já descritos, sendo que o terceiro se refere à qualidade de Edição de Fotos, no entanto, caso este controlo não receba *feedback* positivo não é necessário que o produto ainda se encontre na empresa para voltar a ser realizado este processo de edição. A estação de Descrições, realizada muitas vezes em simultâneo à Edição de Fotos, realiza a descrição das peças com todo o input proveniente da estação de Scan-Out. Além disso, nesta estação existe uma tradução para variadas línguas consoante o país onde as fotos vão sendo acedidas.

3.1.1 Caso de artigos Duplicados:

Os artigos duplicados são um grande desafio para a empresa. São considerados artigos duplicados todos aqueles que já foram produzidos e, no entanto, as boutiques ou as marcas enviam para a produção digital. Isto deve-se ao fato de boutiques diferentes conterem os mesmos artigos em loja ou de em estações anteriores já terem existido artigos iguais.

Como tal, a empresa criou uma equipa dedicada apenas à identificação destes artigos. Esta equipa está dividida consoante a fase do processo em que os artigos são identificados. Na Figura 14, podem-se visualizar as fases em que os artigos podem ser identificados como duplicados e, também, quais são as percentagens dos mesmos.

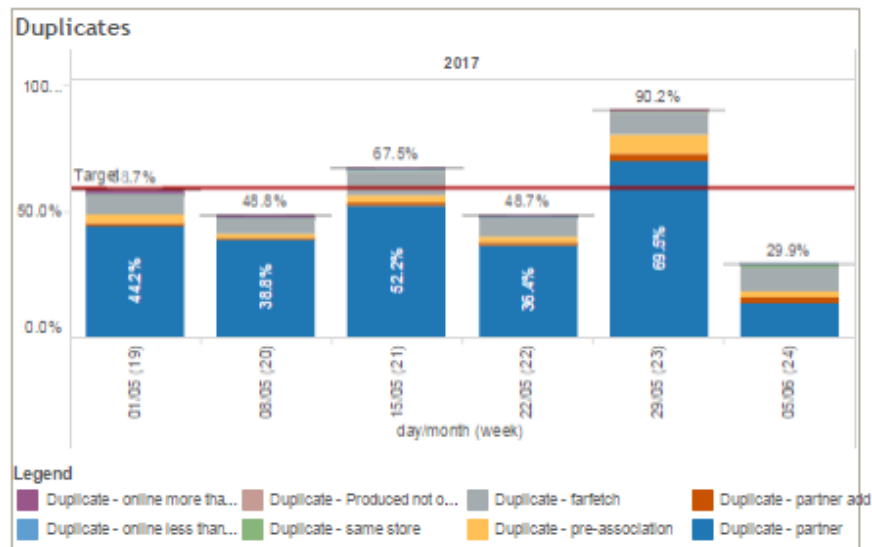


Figura 14 - Duplicados

Estes artigos têm diversas etapas de identificação. A etapa principal passa pela identificação prévia dos artigos, ou seja, quando os mesmos ainda se encontram na boutique. Esta etapa permite à empresa não assumir custos com estes artigos.

A “pré-associação” é uma tarefa já realizada pela equipa que integra a produção, sendo que consiste na identificação prévia dos artigos duplicados, ou seja, antes mesmo deles chegarem à produção já são identificados como tal. Na equipa que integra a produção existe ainda uma outra fase delineada, a associação Farfetch, ou seja, a associação dos artigos quando os mesmos já estão planeados para chegar à empresa.

Estes artigos, quando dão entrada na produção digital, tratam-se apenas de um custo acrescido, visto que, são artigos que já efetuaram o processo de produção e ocupam área de stock. Além disso, muitas vezes não são identificados pela equipa de duplicados e seguem o processo normal de produção, ou seja, voltam a ser lançados para a plataforma, isto tem custos ainda maiores para a empresa.

3.1.2 Estações

As estações neste projeto vão ser associados a dois conceitos distintos. O primeiro já está acima referido. O segundo conceito é referente às estações de moda, isto significa que, por exemplo, quando, no projeto, se refere estação SS17 significa que se está perante a estação Spring Summer 2017, ou seja, Primavera-Verão de 2017.

Este termo estação será bastante utilizado, especialmente, quando se fizer uma análise mais relativa a custos e a dados históricos da empresa, como é exemplo na Figura 15.

3.2 Contexto inicial

Ao longo do tempo, a produção digital começou a receber uma quantidade muito grande de artigos provenientes das boutiques. A certo ponto a produção digital deixou de dar resposta a estas quantidades de artigos e iniciou-se uma lacuna entre aquilo que as boutiques queriam produzir e colocar no site e aquilo que a empresa conseguia, efetivamente, produzir. Este diferencial foi crescendo ao longo do tempo devido, também, ao crescimento rápido da empresa, isto pode ser visualizado na Figura 15.

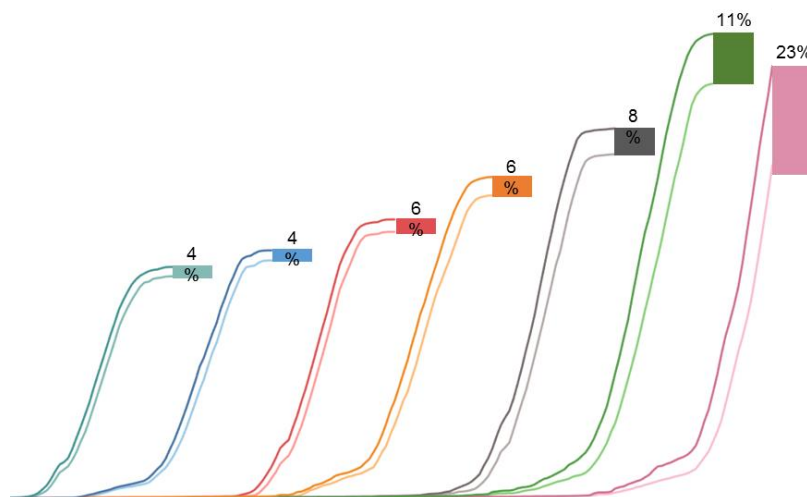


Figura 15 - Diferencial entre artigos preteridos para vendas vs artigos produzidos por estação

Na estação mais recente o diferencial atingiu os 23%, ou seja, foram produzidos 2300 artigos, mas se a produção tivesse capacidade poderiam ter sido produzidos cerca de 2800.

As previsões foram realizadas tendo em conta que a produção digital conseguiria produzir 1700 artigos nas instalações da empresa. No entanto, um crescimento rápido fez com que a mesma tivesse de se adaptar e conseguisse produzir 2300 artigos, sendo que recebia, aproximadamente, 2800 artigos, tendo em conta duplicados. Este problema teve impacto a nível de performance dos colaboradores afetando não só as áreas de trabalho, como também, o aspeto visual do espaço.

No edifício usado pela empresa havia já um layout estruturado. Na Figura 16, pode-se visualizar o seguimento do mesmo.



Figura 16 - Layout do Edifício Atual

Como se pode visualizar na Figura 16, os artigos seguem um fluxo contínuo. Entram no processo através da estação de Expedição e seguem para Scan-In, postos azuis no primeiro piso do lado direito. Sobem para o segundo piso através do monta-cargas. Já no segundo piso, passam pela estação de Iron, no centro esquerdo, estações roxas de pequena dimensão. No caso de se tratarem de artigos referentes à linha de produção de Kids, passariam pelas duas estações roxas no canto inferior direito. Os restantes artigos que tinham efetuado Iron passariam pelas estações de Live Model Men e Women, estações que se encontram do lado esquerdo na zona superior. Os artigos de joalharia passariam pela estação que se encontra junto a Live Model, no centro do segundo piso, com cor amarela. Os restantes artigos passariam por Flat, que se encontra no lado inferior esquerdo do segundo piso, com cor azul. Os postos de Stills encontram-se a cor de rosa na zona superior esquerda do segundo piso.

Após serem efetuadas todas as sessões de fotos os artigos descem no monta-cargas de volta ao primeiro piso. Aqui, efetuam Scan-Out e seguem para Packing e Expedição, onde abandonam a produção digital.

O grande problema do edifício atual é que, por falta de espaço, a produção estava dividida em dois andares diferentes. Isto trazia implicações, não só em termos de tempo de processo, como também de pedidos de repetições. O tempo de processo alonga-se pelo fato de existir uma perda de tempo na subida e descida dos artigos através do monta-cargas. O pedidos de repetições tornam-se mais difíceis, caso existam mudanças no processo, visto que, pode implicar mais subidas e descidas dos artigos. No novo edifício o principal objetivo, como já referido, é tornar o processo mais eficiente, não só em termos de espaço ocupado, como também de tempo de processo. Para tal, a otimização de espaço ser um passo fulcral, evitando colocar o processo produtivo em passagem por dois pisos e concentrando o mesmo num só.

3.2.1 Levantamento de dados

À chegada na empresa já se encontrava em andamento o projeto do novo edifício, havendo já uma planta do mesmo, contida em anexo. Sendo que, no primeiro piso, estarão concentradas, então, as estações onde circulam fisicamente os artigos e, no segundo piso, tudo aquilo que se refere a pós-produção e a equipas de apoio, como recursos humanos, engenharia de processos, gestores de projetos, gestores de edifício, entre outros.

Após o cálculo de áreas, efectuou-se um estudo utilizando não só a base de dados da empresa, como medições efectuadas no terreno. Para este estudo utilizou-se linguagem SQL, a janela de entrada pode ser visualizada na Figura 17, e compilaram-se todas as informações em folha de excel, na forma de um modelo matemático, onde se combinavam as previsões de crescimento da empresa, com o histórico da mesma e as com as medidas que compunham a planta e as estações de trabalho.

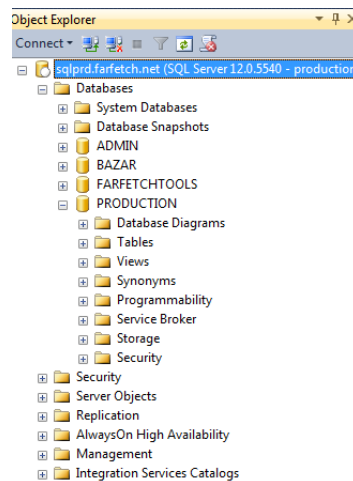


Figura 17 - Exemplo da base de dados em SQL

Após o levantamento de dados, o modelo foi adaptado para duas perspectivas no futuro da empresa, um com uma produção diária, ou seja, excluindo duplicados, de 3000 artigos e outro de 5000 artigos. No cenário dos 5000 artigos produzidos chegou-se ao seguinte número de estações de trabalho:

Estação	Scan-In	Scan-Out	Iron	LMM	LMW	Flat	Flat Kids	Stills	Packing
Número de estações	10	18	4	4	9	15	4	12	2

Tabela 1 - Previsões do número de estações de trabalho necessário

Obtiveram-se, também, as áreas de stock, não otimizadas, que à partida seriam necessárias para a produção digital.

Em anexo poder-se-ão consultar as folhas de excel utilizadas no projeto.

Para os tempos de ciclo das estações foram realizados testes de hipótese à normalidade das distribuições. No entanto, por falta de dados nalgumas estações, utilizaram-se os objetivos diários da estação, ao invés dos tempos de ciclo médios das mesmas. As estações onde isto se verifica são: Receção e Expedição.

Após a primeira análise, chegou-se à conclusão de que todos os tempos de ciclo das estações seguiam distribuições normais. Neste caso, utilizaram-se distribuições normais truncadas, com o tempo contado em minutos, com a seguinte configuração:

	Estação	Scan-In	Iron	LMM	LMW	Flat	Stills	Jewelry	Flat Kids	Scan-Out
Distribuição Normal (minutos)	Mínimo	0,2	0,1	0,3	0,3	1	0,3	1	0,5	0,5
	Máximo	7	2	9	9	15	15	15	12	12
	Média	1,23	0,96	2,5	3,05	4,17	4,05	7,3	4,13	2,55
	Desvio Padrão	1	0,3	1,9	2,05	2,77	2,7	3,47	1,5	6,75

Tabela 2 - Distribuições dos tempos de ciclo

Outra variável bastante impactante neste projeto é a relevância de cada linha de produção dos artigos, como se pode consultar na Tabela 3. Cada uma das linhas de produção segue um determinado trajeto, ao longo do processo produtivo. Portanto, todos os artigos que contenham a descrição *Baby* ou *Kids* passam pela estação de Flat Kids, no caso de conterem *Acc* na descrição passam pela estação de Stills, se tiverem LMM ou LMW no nome passam pela estação de Live Model Men ou Live Model Women, respetivamente. Artigos que no nome da linha de produção contenham *Cloth* e *Lingerie*, passam por Flat e Live Model Men ou Women, caso contenham o nome *Jew* passam pela estação de Jewelry.

Linha de Produção	Acc	Acc Baby	Acc Kids	Acc LMM	Acc LMU	Acc LMW	Beauty
Percentagem	16,69%	0,15%	0,73%	1,42%	0,35%	7,33%	0,10%
Linha de Produção	Cloth Kids	Cloth Men	Cloth Unisex	Cloth Women	FTP	Lingerie Women	
Percentagem	4,82%	16,71%	0,22%	25,57%	0,03%	0,66%	
Linha de Produção	Lingerie Men	Jew Men	Jew Unisex	Jew Women	Duplicates		
Percentagem	0,30%	0,23%	0,11%	1,81%	22,77%		

Tabela 3 - Percentagem das linhas de Produção

3.3 Fluxo do processo

Atualmente, a produção digital da empresa rege-se por um sistema Push, ao longo do processo. No entanto, no processo produtivo da empresa este sistema não é o ideal, visto que, a base do sistema é evitar stock, o produto não pertence à empresa e, portanto, quanto maior for o tempo que permanece em stock maiores são os custos.

O processo da empresa é muito dependente dos colaboradores da mesma, não sendo um processo muito mecanizado dificulta a previsão de ausências por falha de estação. Sendo este um processo com muitos picos de produção, uma ausência em época de pico torna o processo caótico, causando paragens nas estações de trabalho. Estas paragens podiam ser devidas a situações de bloqueio ou falta de alimentação, ou seja, as estações, muitas vezes, não conseguiam produzir porque o processo a jusante estava sem área de stock, por excesso de produto, ou pela situação contrária, ou seja, as estações paravam a produção porque o processo a nascente estava sem capacidade de produzirem quantidade suficiente.

As paragens em linhas de produção, como referido anteriormente, acarretam custos elevados. A paragem de uma estação conduz à paragem, muitas vezes, de 5 ou mais postos de trabalho. Numa situação futura, de crescimento, este tipo de problemas conduzirá a paragens de 10 ou mais postos de trabalho, ou seja, a uma duplicação dos custos por estação. Um exemplo muito comum é a paragem da estação de Scan-Out e Live Model, por falta de artigos ou de espaço de stock na estação de Flat, respetivamente. Em Scan-Out uma paragem diária de 6 minutos, em 8 estações acarreta, em média, um custo de 4,56 €. No entanto, o problema pode ser ainda maior,

no caso de uma paragem diária na estação de Live Model se verificar durante 6 minutos que, em 6 estações acarreta, em média, um custo de 32,70 €. Se for efetuado conversão para um valor mensal, considerando que um mês com 22 dias úteis, verifica-se a existência de um custo de, aproximadamente, 820 €, só em paragens das estações de Scan-Out e Live Model, por excesso de artigo em Flat.

4 Solução proposta

4.1 Alocação de Buffers

No caso proposto, com a criação de um novo edifício, o objetivo era otimizar as áreas de stock intermédio e possíveis mudanças no número de estações a utilizar. Para tal utilizou-se o modelo matemático já indicado acima e construiu-se, também, um modelo de simulação com o mesmo objetivo.

Função objetivo:

A função objetivo, neste caso, é a minimização de áreas de stock intermédio.

Variáveis de decisão:

As principais variáveis de decisão neste problema de alocação são: o número de buffers necessários e a capacidade de cada um dos buffers.

Estas variáveis de decisão são classificadas em variáveis discretas, isto porque em todas elas existe uma capacidade finita de valores.

Restrições:

No caso das restrições existem:

- o número de artigos que chegam à empresa provenientes das boutiques;
- o tempo de processo de cada *slot*;
- tempo que cada *slot* permanece nas instalações da produção digital.

A empresa definiu um tempo máximo de três dias para que os *slots* se encontrem dentro do sistema produtivo, isto para garantir uma boa relação com as boutiques; o espaço finito, espaço físico correspondente ao edifício, é outra restrição verificada no processo.

Neste caso, estas podem ser classificadas de discretas no caso do espaço e do número de artigos chegados e contínua para o tempo de ciclo. Isto porque para o espaço existe uma capacidade finita de valores e, para o tempo de ciclo existe uma quantidade infinita que os valores podem assumir.

Tendo em conta a função objetivo, as variáveis e restrições, criou-se um modelo de simulação para perceber variadas situações, tais como: quais são os *bottlenecks* do processo e onde terão maior influência. A partir deste ponto, perceber quais serão as áreas de stock ótimas para cada estação, onde colocar buffers e com que capacidade.

4.2 Modelo de simulação

Para o modelo de simulação utilizou-se o software Anylogic. Este software tem diversas potencialidades que permitem a elaboração de problemas de simulação bastante complexos. Os dados introduzidos no software basearam-se no histórico da base de dados. O uso deste histórico é de real importância pois existem dependências que seriam difíceis de modelar no caso de se usar distribuições de probabilidade.

Para construção do modelo utilizou-se uma linguagem simples numa fase inicial. Representando-se cada estação com um objeto *queue* (fila de espera) e um objeto *delay* (atraso). O criador de agentes seria uma *source* (fonte) que no caso proposto deu origem a agentes classificados em artigo. Após a criação dos artigos eles foram associados através de um *batch* (junção), onde lhes foi atribuído um número de prioridade com base na distribuição dos tamanhos de *slot*.

Após zona de receção os *slots* são, de novo, dissociados em artigos. Na estação de Scan-In, colocou-se um recurso rail associado aos artigos, através de um objeto *seize* (alocar). Isto permite que cada rail transporte artigos do mesmo *slot* e categoria.

Para efeitos estatísticos foram utilizados elementos de linguagem Java que permitissem contar não só o tempo em processo, bem como o tempo em cada fila de espera e o número médio e máximo de artigos que aguardam em filas de espera nas mais variadas estações.

Nas Figura 18 e Figura 19, é possível visualizar o modelo em versão 3D e em versão 2D.

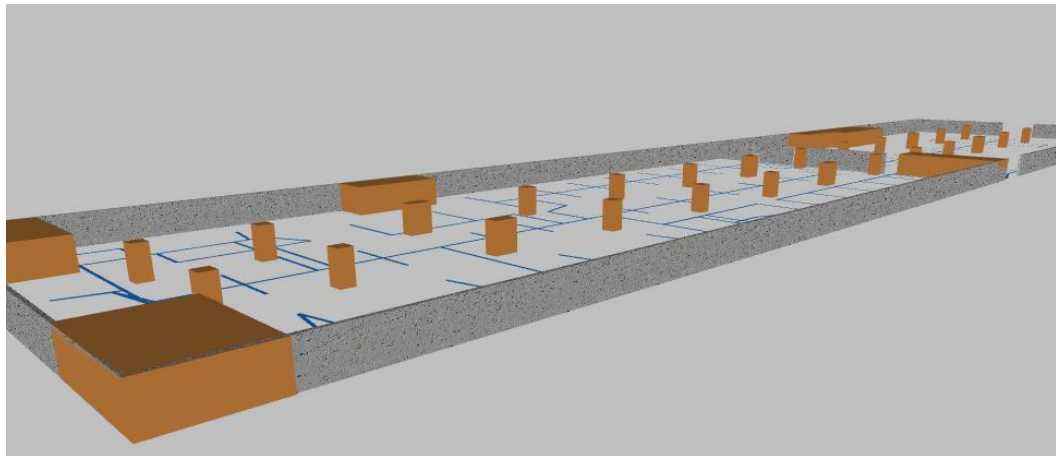


Figura 18 - Modelo 3D do Simulador

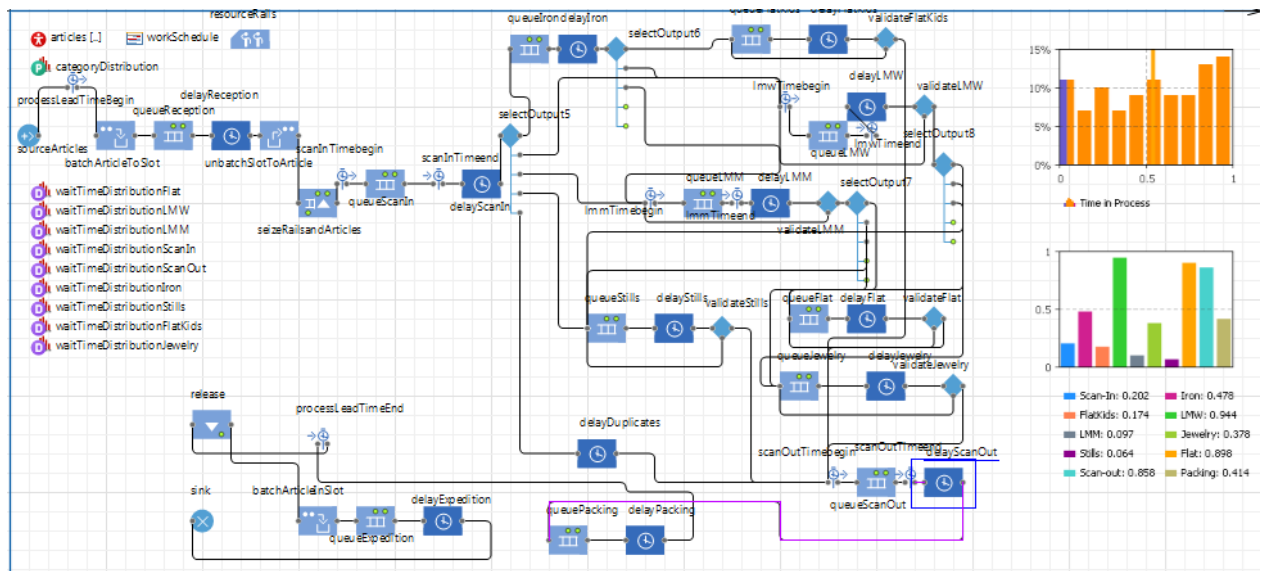


Figura 19 - Modelo 2D do Simulador

4.2.1 Verificação e Validação do modelo proposto

A verificação e validação do modelo proposto foram realizadas de dois modos: através da validação das equipas da empresa e também de um projeto de expansão que surgiu aquando do início deste.

Validação das equipas

A nível das equipas a validação do modelo também ela foi positiva. Aprovaram não só os resultados obtidos como começaram a desenvolver questões que poderiam ser resolvidas em estudos mais aprofundados sobre os mais variados temas, utilizando a metodologia empregue no modelo de simulação.

Para que houvesse mais *feedback* em relação ao modelo de simulação e a sua validação, foi realizada uma apresentação do projeto e do modelo e foi efetuado um questionário, que pode ser consultado em anexo. O questionário foi efetuado a 85 pessoas da produção digital, seleccionadas aleatoriamente. O resultado do mesmo está presente na Figura 20.

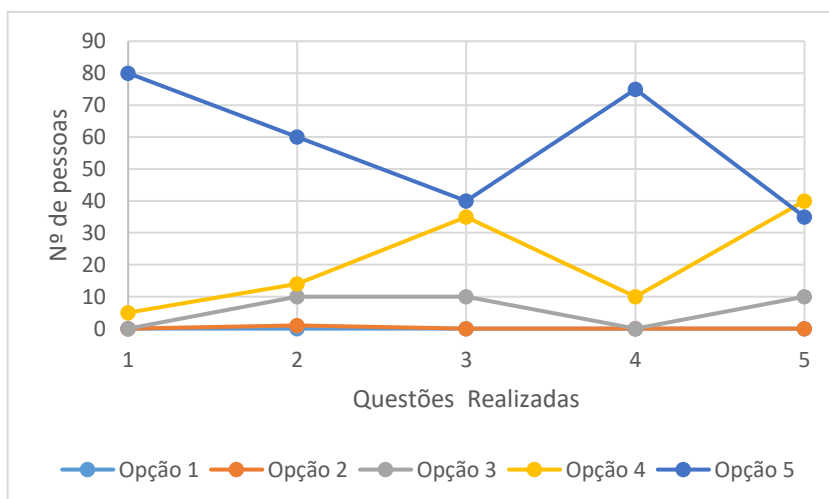


Figura 20 - Resultados dos questionários

Como se pode verificar, existe uma tendência para as pessoas responderem com o número 5, ou seja, “Concordo Totalmente” ou com o número 4, “Concordo”. Isto demonstra a aprovação geral do modelo proposto.

Validação através da expansão

Com o crescimento rápido da empresa surgiu um problema a curto prazo, as previsões mais recentes para a estação AW17, Outono-Inverno 2017, demonstravam que o edifício não conseguiria acompanhar o crescimento e iria implicar um custo muito grande para a empresa. Este aumento do número de artigos estava previsto acontecer para um total de 3000 artigos produzidos, ou seja, cerca de 3700 artigos dariam entrada na produção no pico desta estação.

Como tal, foi sugerida a expansão rápida do edifício atual. Com o alargamento da área do primeiro piso da produção digital, foi idealizado um novo layout com áreas de stock já otimizadas.

O novo layout foi já realizado tendo em conta dados que foram sendo retirados do modelo de simulação. As previsões baseadas em dados históricos apontavam para um número de estações que se verificou com o modelo e, mais tarde, fisicamente não serem suficientes, na Tabela 4, pode-se visualizar a comparação entre aquilo que era o esperado e aquilo que foi verificado com o modelo.

Estação	Previsão	Modelo de Simulação	Verificação Real
Receção	1	1	1
Scan-In	6	7	7
Iron	3	3	4*
Live Model Men	3	3	3
Live Model Women	6	6	6
Flat	12	12	12
Stills	9	9	9
Flat Kids	3	3	3
Jewelry	2	2	2
Scan-Out	12	14	14
Packing	2	2	2
Expedição	2	2	2

Tabela 4 - Previsões das necessidades reais vs previsões para a expansão

Verificaram-se algumas divergências físicas quanto ao modelo e à realidade em termos de número de estações para Iron. Isto aconteceu porque fisicamente as estações de Flat e Stills ficam num piso diferente das estações de Live Model Men e Women e de Flat Kids, ou seja, fisicamente tornar-se-ia insustentável que os artigos tivessem de efetuar uma subida cada vez que existisse a necessidade de voltar a engomar a roupa para as estações de Flat, ou para artigos muito específicos de Stills. Esta verificação permitiu perceber, em contexto real, a fiabilidade do modelo.

Numa fase posterior do projeto será apresentado o layout para a expansão do edifício atual e o modo como o mesmo foi obtido.

4.3 Análise de Impactos

Numa primeira análise, visualizou-se quais seriam as interferências que cada estação teria no processo, não só em termos de área de stock, como também em números de postos de trabalho necessários. Esta análise foi realizada através do aumento do número de postos de trabalho por cada estação e verificação da influência nas outras estações. Daqui verificou-se que todas têm impacto nas estações consecutivas, no entanto, algumas têm mais relevância do que outras, foi sobre estas que se concentrou o estudo.

Verificou-se que as estações de Live Model Men e Live Model Women têm grande interferência na estação de Flat, sendo que Live Model Women também tem um impacto considerável na estação de Stills. Isto significa que as estações de Live Model aumentam o número de artigos em espera para Flat, aumentando a área de stock necessária nesta estação. Nas Figura 21 e Figura 22 é possível visualizar os resultados obtidos.

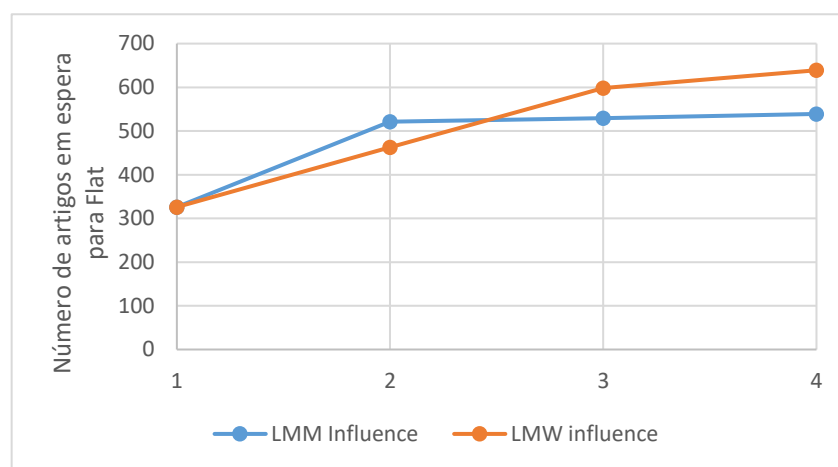


Figura 21 - Impacto de Live Model Men e Women em Flat

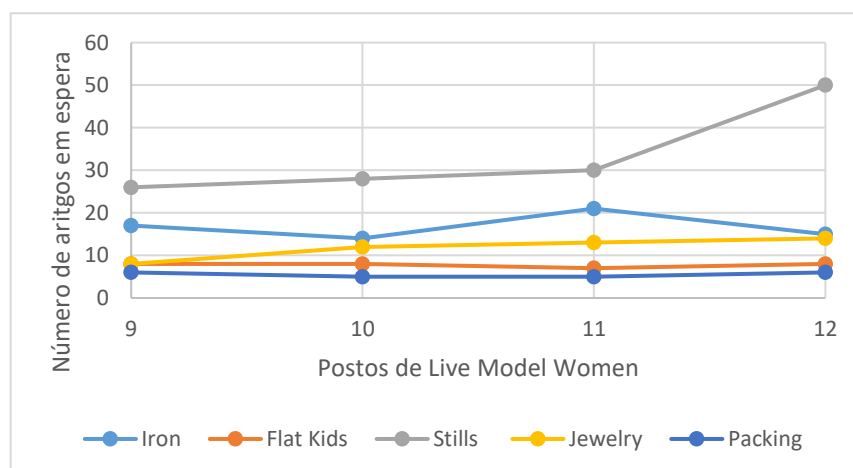


Figura 22 - Impacto de Live Model Women em outras estações sem flat

No gráfico da Figura 22, a numeração do eixo das abcissas é relativa aos diferentes cenários do aumento de número de postos, ou seja, o cenário um refere-se a um aumento de números de postos de Live Model Men para cinco postos e de Live Model Women para nove postos, os cenários seguintes referem-se a aumentos de um posto de cada estação.

As restantes estações apenas têm um impacto mais considerável após um aumento abrupto do seu número de postos.

Numa segunda fase, verificou-se quais seriam as estações que apresentariam áreas de stock de maiores dimensões e, portanto, consideradas mais críticas. As estações que se demonstraram mais críticas neste aspeto são: Scan-In, Scan-Out, Flat, Live Model Men e Live Model Women. Com esta análise, verificou-se que os postos de Scan-Out deveriam aumentar para evitar o estrangulamento da linha.

No caso do aumento de postos de Scan-Out, foi efetuado um estudo para perceber qual seriam as opções que trariam um retorno maior em termos de espaço. Este estudo teve por base um tempo de 3 meses de simulação, o equivalente a um pico de temporada na produção. De um modo muito simples foi perceptível que o aumento dos postos traria um maior aproveitamento de espaço, no entanto, não de um modo proporcional. Portanto, o aumento do número de postos de Scan-Out não porta consigo uma redução proporcional da área de stock necessária. Posto isto, o aumento dos postos teria um impacto significativo se acontecesse de 18 para um número entre 20 e 22 postos de trabalho. Acima destes postos verificava-se que o espaço ganho não era suficientemente grande para compensar um investimento. Este resultado era já espectável tendo em conta que esta estação é a mais problemática em termos de variações nos tempos de ciclo, sendo que isso foi verificado aquando do estudo da normalidade da distribuição dos tempos de ciclo da estação. Tendo um desvio padrão acima daquilo que seria o desejado. Realizou-se um segundo estudo para perceber o efeito da diminuição do desvio padrão, ou seja, da variabilidade do processo, na área de stock referente a esta estação. Concluiu-se, como se pode verificar na Tabela 5, que uma diminuição do desvio padrão porta consigo um aproveitamento muito maior do espaço que é disponibilizado para a empresa. Um dos possíveis problemas pode estar associado à quantidade de informação não rotineira que esta estação tem de recolher comparativamente a outras, podendo ser interessante para estudos futuros uma análise mais detalhada a este problema.

Nº de postos de Scan-Out	20	22	24
Área (m²) c/ Desv. P.: 6,75	484,6	279	242,3
Área (m²) c/ Desv. P.: 5,5	349,9	255,7	240,7
Área (m²) c/ Desv. P.: 4,5	264,7	257,7	195,4
Área (m²) c/ Desv. P.: 3,5	241,8	173,8	153,4
Área (m²) c/ Desv. P.: 2,5	130,2	94,3	53,4

Tabela 5 - Área de stock em Scan-Out com mudança de desvio padrão

4.4 Análise do número ótimo de postos

Após esta análise, foram sendo verificados os tempos de processo dos artigos. Neste ponto, foi realizada uma análise efetuando variações no número de postos de trabalho de cada estação e percebendo quais seriam os impactos no tempo de processo. Os resultados obtidos encontram-se em anexo.

Chegou-se à conclusão que haviam três estações, Scan-Out, Flat e Live Model Men, que tinham um impacto maior no tempo de processo dos artigos. Com estes resultados, foi elaborado aquele que seria o cenário hipoteticamente ideal, ou seja, o aumento de número de postos de Scan-Out, Flat e Live Model Men para 22, 16 e 6 postos, respetivamente. A redução do tempo de processo foi de cerca de 0,5 dias comparativamente aquilo que seria o cenário inicial. Sendo que a restrição dos 3 dias em processo deixa de ser um problema e com uma margem, em média, de 1 dia de reserva.

Em termos de área, os ganhos por sua vez são quase inexistentes, visto que os postos ocupam uma área praticamente igual àquela que é ganha em área de stock. Decidiu-se, com base naquilo que foram os resultados, adaptar os cálculos de tempo em processo apenas para o aumento de postos de Scan-Out de 18 para 22. Neste caso, houve um ganho, não só no tempo em processo como também, nas áreas de stock. Considerou-se, então, que este seria o cenário ideal, nas condições existentes. Na Tabela 6 poder-se-á verificar qual a área necessária para stock.

Estação	Número de postos/estação	Área de stock (m ²)
Receção	1	75
Scan-In	10	87
Iron	4	2
Flat Kids	4	1
LMM	4	29
LMW	9	55
Flat	15	41
Stills	12	4
Jewelry	2	2
Scan-Out	22	279
Packing	2	1
Expedição	1	75

Tabela 6 - Área de stock necessária para 22 postos de Scan-Out

Na Tabela 6, pode-se verificar a quantidade de área de stock necessária ao normal funcionamento das estações, baseado nos cálculos elaborados. No entanto, ainda não se apresentam resultados para a alocação de buffers. Sabe-se que as estações com maior impacto no processo são Scan-Out, Flat, Live Model Men e Live Model Women. Como referido por Gershwin e Schor (2000), a alocação de buffers deve ser efetuada resolvendo um problema Primal. O mesmo, como investigado, foi resolvido dividindo o problema em dois. Efetuando-se a Simulação tendo em conta que, inicialmente, não existia espaço reservado para buffers.

4.4.1 Análise custo-benefício em Scan-Out

Com o objetivo de perceber se a empresa beneficiaria da utilização de 22 postos na estação de Scan-Out, em detrimento de um menor número de postos, efetuou-se uma análise custo-benefício entre aquilo que será o ganho, em termos de tempo de processo dos artigos, e o custo do aumento do número de postos de Scan-Out.

Como se verifica na Figura 23, o mês mais atualizado demonstra que caso os artigos se atrasem um dia no processo, existe uma perda de cerca de 3£/artigo, na data do estudo, 3£ tinham um valor de 3,44€, para cálculos futuros utilizar-se-á, como moeda, o euro, €. Este estudo foi realizado apenas com base na estação SS17, ou seja, Primavera-Verão 2017.

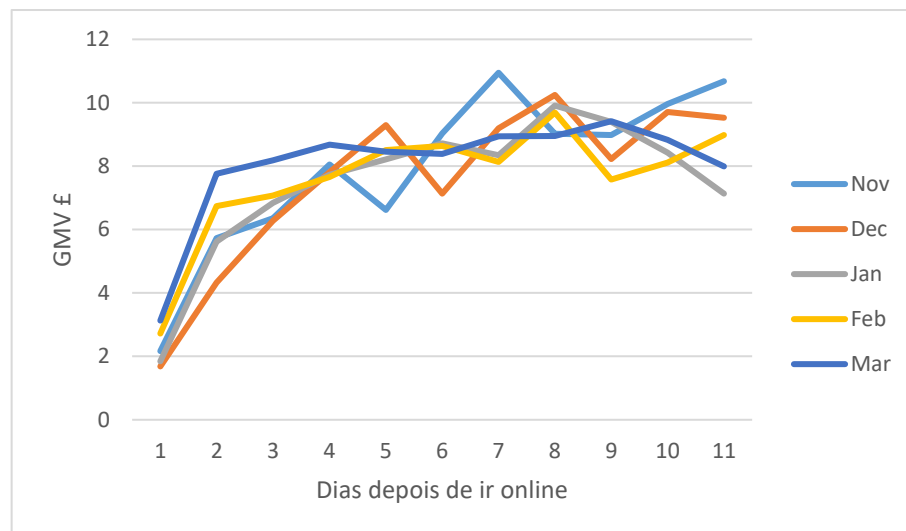


Figura 23 - Perdas por dias de atraso a ir online

Cada posto de Scan-Out tem um custo mensal associado de, aproximadamente, 1000 €. Para o estudo foi considerado, apenas o número de artigos produzidos e não chegados, isto porque como foi visto anteriormente, os artigos duplicados não têm um lucro direto associado a nível de tempo online, sendo eles duplicados já estão na plataforma.

Após o estudo de tempo em processo, verificou-se que era mais vantajoso analisar o número de estações de Scan-Out entre 20 e 22 estações. Como tal, considerou-se que 20 estações teriam um ganho de 0€ e, igualmente, custo de 0€, sendo este o ponto inicial de comparação para um aumento do número de estações. Na Tabela 7, pode-se visualizar quais são os ganhos e custos associados ao aumento do número de estações.

Nº de estações	21	22
Ganho de tempo (h)	0,45	0,75
Nº artigos produzidos/h	208	208
Ganho (€) /dia	322,5	537,5
Ganho (€) /mês*	7095	11825
Nº de estações excedido	1	2
Preço mensal total (€)	1000	2000
Custo-Benefício (€)	6095	9825
(Ganho/mês – Preço mensal total)		

Tabela 7 - Análise Custo-Benefício do aumento de postos de Scan-Out

Como se pode verificar na tabela, existe um ganho de 6095€ no caso de se aumentar o número de postos de Scan-Out para 21 e de 9825€ caso se aumente o número de postos para 22, isto comparativamente a 20 postos de Scan-Out. Se se comparar o aumento de 21 para 22 postos, verifica-se um ganho de 3730€.

4.5 Análise do Fluxo de Processo

A abordagem seguinte no caso teórico de alocação de buffers seguia uma metodologia um pouco diferente daquela que foi a seguida no projeto. No caso em estudo, teve-se em atenção a manutenção da taxa de produção, no entanto, a alocação de buffers seguiu um critério diferente, pela variabilidade do projeto e a sua suscetibilidade ao erro.

A ideia de implementar um sistema Pull é tornar o processo muito mais eficiente a nível de *WIP*. No caso da produção digital, este sistema não estava implementado, ou seja, as ações eram controladas sempre num sistema Push, pelas estações antecedentes e não posteriores. Como visto anteriormente, o sistema Push tinha diversas falhas no que toca a paragens no sistema, causando graves transtornos em termos de custos e de tempos de processo. Com o objetivo de criar um sistema Pull foi analisada a possibilidade de um sistema de cores e gestão de stocks intermédios. No entanto, este sistema de Pull a implementar não é um sistema completo, ou seja, não vem desde a raiz da cadeia, será a aplicação de um fluxo Pull interno, controlado pela estação de Scan-Out, considerada a estação cliente e aquela que tem mais impacto em termos de área de stock necessária.

Para que fosse possível a criação desta metodologia de trabalho, foram elaborados dois testes com base naquilo que eram dados sobre paragens e faltas de produto, ao longo do tempo. Estes dois testes irão fornecer a área máxima, intermédia e normal que uma determinada estação deverá ter para que seja identificado em que estado está o processo. Na Figura 24, é possível visualizar o esquema de cores a utilizar. Os testes são explicados em seguida.

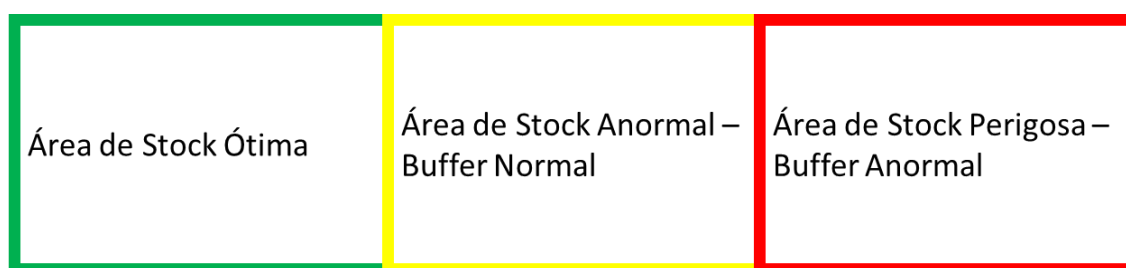


Figura 24 - Divisão das áreas de stock

Portanto, em todas as estações é dada uma área de stock, considerada ótima, e dois buffers um considerado normal e um buffer considerado anormal. Isto significa que em todas elas existirá uma área, representada na figura pela zona verde, que é considerada, quando está completa, como o estado ótimo do processo, ou seja, se a área verde estiver abaixo do seu total a estação seguinte poderá sofrer de falta de artigos. No caso de estar a ser utilizada a área representada na figura por amarela, significa que naquela estação estão a ser consumidos artigos em excesso, ou seja, algo de anormal pode estar a acontecer. A esta zona apelidou-se de buffer normal, caso a área esteja a ser preenchida totalmente, é necessário começar a tomar medidas preventivas. Se o buffer normal tiver chegado ao fim, e começarem a ser utilizadas as áreas de stock perigosas significa que a estação não está a conseguir dar resposta aquilo que é produzido na estação anterior e o espaço está a chegar a um limite. No momento em que este patamar for atingido, deve ser gerado um alerta para que medidas mais drásticas sejam tomadas, de modo a evitar o estrangulamento do processo.

Tempo máximo de paragem:

Realizou-se um teste que permitisse perceber qual seria, em casos extremos, o tempo que uma área de stock de uma estação aguentaria, sabendo que essa estação não produziria qualquer artigo, enquanto que outras estações continuariam o processo e, consequentemente, a abastecê-la. Um exemplo disto seria a falta de água na estação de Iron, continuando o resto do processo em funcionamento.

Os resultados obtidos permitiram perceber que as estações, com as áreas calculadas anteriormente, iriam estrangular muito rapidamente. Efetuou-se um estudo, através da base de dados e a experiência dos trabalhadores, para perceber se haveria área física suficiente para que todas as estações aguentassem no mínimo 4 horas, visto que era o número de horas máximo de paragem que uma estação sofreu, isoladamente, no passado. Verificou-se que não era viável para todas as estações aguentarem este tempo de paragem com a área física existente no novo edifício. Em alguns casos, ao final de 2 h já se tinha atingido uma quantidade de área excessivamente maior do que o que estava estipulada inicialmente, como é possível verificar na Tabela 8.

	Scan-In	Iron	Flat Kids	LM W	LM M	Flat	Jewelry	Stills	Scan-Out
Max Área (m²)	85	80	11	117	64	120	7	80	328
Max Artigos	3868	533	73	780	427	800	47	533	2187
Tempo (h)	24	2	2	4	4	4	4	4	6

Tabela 8 - Área necessária para paragem de 4 horas

A estação de Iron, por exemplo, é um desses casos. No estudo inicial a simulação reservava para esta área cerca de 2 m², no entanto, para 2 horas de paragem da estação a área necessária era de, aproximadamente, 80 m². O caso de Iron é um caso muito especial tendo em conta as características da estação. Pois é uma estação com elevada produtividade, baixos tempos de ciclo, e que, por sua vez, recebe uma grande quantidade de artigos. Adaptou-se o estudo atual para aquilo que é o espaço físico contido na planta do edifício, estipulando-se máximos de área de stock para cada estação. Na Tabela 9, estão os resultados obtidos.

	Scan-In	Iron	Flat Kids	LM W	LM M	Flat	Jewelry	Stills	Scan-Out
Max. Área (m²)	85	40	11	80	40	120	7	30	310
Max artigos	3868	267	43	533	267	500	33	200	2050
Tempo (h)	24	1	2	3	2,5	4	4	1,5	5,5

Tabela 9 - Área máxima para utilização

É possível visualizar tempos considerados críticos nas estações de Iron, Flat Kids e Stills. Aqui, poder-se-á realizar um estudo de melhoria de processo, de modo a permitir que, no caso destas estações sofrerem uma paragem, não seja afetada a performance geral do processo.

Tempo intermédio de paragem:

Com o objetivo de criar a área intermédia entre o máximo stock admissível para uma estação e o ótimo, elaborou-se um teste com paragem intermédia, ou seja, um teste que permitisse perceber qual seria a área necessária para aguentar, aproximadamente, metade do tempo que foi estipulado como crítico no teste anterior.

	Scan-In	Iron	Flat Kids	LM W	LM M	Flat	Jewelry	Stills	Scan-Out
Max. Área (m²)	85	24	6	63	32	68	4	21	170
Max items	3868	160	37	417	210	450	17	138	1130
Tempo (h)	24	0,5	1	2	2	2	2	1	3

Tabela 10 - Área necessária para tempo intermédio

No caso da estação de Scan-Out, verifica-se que a área que se esperava ser a necessária para uma fluência normal do processo é muito próxima daquela que será a máxima existente fisicamente. Após este estudo de tempo, verificou-se que a área intermédia tem um valor mais baixo do que o supostamente necessário. Isto deve-se ao fato desta estação ter uma variabilidade muito grande, ou seja, no período de três meses houve um pico máximo que excedia o normal funcionamento da estação, no entanto, em geral, a área média necessária para uma paragem da estação de 3 horas é de apenas 170 m², cerca de menos 100 m². Sendo assim, assumir-se-á a área necessária para o normal trabalho como a área do estudo de tempo intermédio de paragem.

A estação de Scan-In mantém o patamar igual para os três casos, isto porque em todos os estudos a estação aguenta uma paragem de 24h. Este resultado deve-se ao fato de a estação estar muito dependente apenas dela própria e da receção de produto, esta receção é feita uma vez por dia. Daí a estação aguentar 24h sem estrangulamento.

Nas restantes estações o resultado obtido foi dentro daquilo que era esperado. Na Tabela 11 está presente a divisão de áreas de stock dentro de três áreas que permitem uma identificação do estado do processo. Estas três áreas estão associadas às divisões visíveis na Figura 24.

	Scan-In	Iron	Flat Kids	LM W	LM M	Flat	Jewelry	Stills	Scan-Out
1ª área (m²)	85	2	1	55	29	41	2	4	170
2ª área (m²)	85	24	6	63	32	68	4	21	279
3ª área (m²)	85	40	11	80	40	120	7	30	310

Tabela 11 - Definição final de áreas de stock

Na Tabela 12, apresenta-se um quadro final comparativo, onde se apresentam os resultados daquilo que se iria utilizar como áreas para stock e aquilo que se utilizará.

	Previsão (m²)	1ª Área (m²)	2ª Área (m²)	3ª Área (m²)	Área ganha (m²)	Área ganha c/ buffer (m²)
Scan-In	95	85	85	85	10	10
Iron	18	2	24	40	16	-22
Flat Kids	15	1	6	11	14	4
LMW	183	55	63	80	128	103
LMM	80	29	32	40	51	40
Flat	160	41	68	120	119	40
Jewelry	10	2	4	7	8	3
Stills	96	4	21	30	92	66
Scan- Out	500	170	279	310	330	190
Total					768	434

Tabela 12 - Área esperada vs Área ganha

4.6 Layout do novo edifício

4.6.1 Reuniões com colaboradores

Após a validação do modelo de simulação realizaram-se reuniões com equipas de colaboradores da empresa. Dividiram-se os colaboradores em 5 equipas com objetivos de trabalhar as diversas áreas do processo, de modo sequencial, como exemplificado na Tabela 13.

Equipa	1	2	3	4	5
Estações	Scan-In e Reception	Live Model e Iron	Flat, Flat Kids, Stills e Jewelry	Scan-Out, Packing e Expedition	Pós- Produção

Tabela 13 - Divisão das equipas

Previamente às reuniões com as equipas, foi construído um layout base, já pensando em problemas atuais da empresa e do processo produtivo. O layout base inicial foi já pensado com um desenho em U. O primeiro layout pode ser consultado em anexo. Também antes das sessões, realizou-se um plano daquilo que seriam os objetivos a cumprir, timings e as regras que elas têm de conter para que decorram dentro daquilo que são as expectativas.

A condução dos trabalhos foi efetuada através de um método de acompanhamento das equipas na construção de um layout, concedendo-lhes a planta do edifício, o espaço para áreas de stock necessário e o número de estações calculado. Na Figura 25 estão demonstradas algumas fotografias da condução das sessões de trabalho.



Figura 25 - Sessões de trabalho

Iniciaram-se os trabalhos com a equipa 1, onde foi proposta a junção das áreas logísticas de modo a facilitar o fluxo de materiais logísticos entre estações. Surgiu então a divisão do edifício em 2 grandes áreas, como demonstrado na Figura 26.

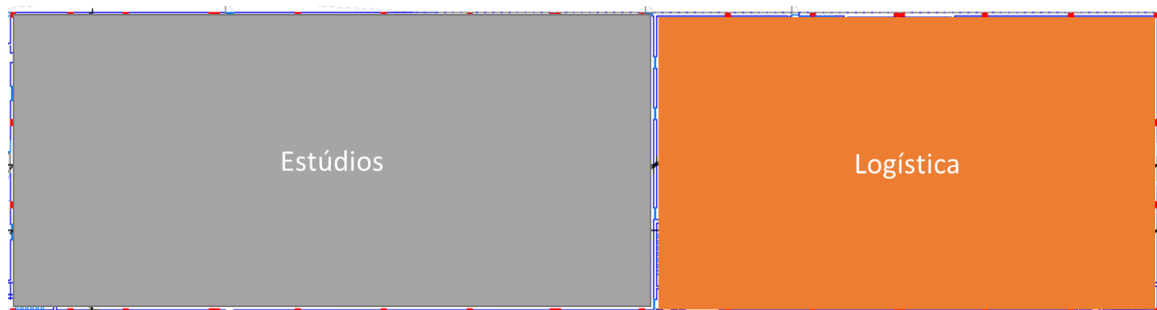


Figura 26 - 1ª Fase de divisão do layout

Esta conclusão foi apresentada às restantes equipas, que reagiram de forma positiva a esta estruturação, não só pelos ganhos em termos de tempo, como também, pelos ganhos que se podem obter com a sinergia de colocar os colaboradores da mesma área de trabalho numa zona próxima.

Os trabalhos com a equipa 2 e 3 tiveram uma complexidade um pouco maior, pelo facto de serem aquelas que têm mais especificidades. No entanto, após um conjunto de reuniões chegaram-se a algumas conclusões:

- As estações de Iron devem ser o mais centrais possível, para permitir que várias estações dependentes desta possam recorrer à mesma sem que exista muita movimentação.
- A disposição dos estúdios de Flat, Stills, Jewelry e Flat Kids tem de ser disposta em corredores, de modo a permitir às equipas interagirem entre si, em caso de artigos específicos;

- A disposição de Live Model é feita em célula, com formato de semicírculo, de modo a um abastecimento mais perceptível e eficiente por parte dos Mizus, para a diminuição do seu tempo de ciclo e a ocorrência de erros;
- O fluxo de artigos deve ser contínuo, para que os mesmos não efetuem duas vezes o mesmo trajeto.

Na zona de logística a equipa 4 definiu, também, algumas ideias a nível de layout e de abastecimento de postos de trabalho.

Conseguiu-se obter um layout final visível na Figura 27, onde se observa também o fluxo de produção.



Figura 27 - Layout do Novo Edifício

Os artigos chegam à zona de Recepção e seguem para a estação de Scan-In, junto à zona de entrada, estações com diversas cores. Passam depois ou para Iron, que se encontra no centro dos estúdios, pequenas estações com cor roxa, ou para Stills, junto às escadas centrais com cor verde. Em seguida, de Iron os artigos fluem ou para Flat Kids, quatro estações azuis abaixo que se encontram abaixo de Iron na planta, ou para Live Model Men, estúdios de cor amarela, ou para Live Model Women, estúdios de cor roxa junto ao lado esquerdo da planta. Após serem efetuadas as fotos em Live Model, os artigos são encaminhados ou para Jewelry, estúdios verdes logo após Live Model Women, na zona superior da planta, ou para Flat, estúdios azuis na zona superior central da planta, ou para Stills. Por fim, os artigos seguem o fluxo e são encaminhados para a estação de Scan-Out e, finalmente, Packing e Expedição.

4.7 Estudos complementares

4.7.1 Número mínimo de postos necessários

Com o intuito de perceber quando o processo produtivo poderia ter problemas de estrangulamento efetuou-se um estudo, isolando cada estação a uma redução nos postos de trabalho e mantendo o restante fluxo igual. Isto permitiria obter o número de postos mínimo que o processo pode ter, em cada estação, para que não estrangule ao final de um dia de trabalho. Deste modo, verificou-se que existiam estações que tinham mais elasticidade no número de postos de trabalho necessários até estrangularem do que outras. Na Tabela 14, pode-se verificar isso mesmo.

	Scan-In	Iron	Flat Kids	LMW	LMM	Flat	Jewelry	Stills	Scan-Out
Nº Estações	9	2	2	7	3	13	1	8	18

Tabela 14 - Número mínimo de postos necessários

Como é possível verificar, as estações de Iron e Flat Kids podem sobreviver com metade das estações de trabalho sem estrangularem ao final de um dia.

Este estudo foi realizado, pelo facto de se tratar de um processo com bastante dependência de pessoas. Quando uma pessoa falha, neste momento, pode causar grande impacto no processo. Assim, o planeamento pode ter mais visibilidade de quando o número de falhas de pessoal pode impactar o processo. Em estudos futuros, poderá ser interessante abordar um pouco mais este tema.

4.7.2 Tempo em Áreas de stock

Utilizando diversas variáveis, como é o caso da mudança do número de postos de trabalho, foi efetuada uma análise que permitisse perceber a quantidade de tempo que cada artigo passa em área de stock e, mais detalhadamente, quanto tempo passa em cada uma das áreas de stock de cada estação. Na Tabela 15, faz-se uma compilação média daquilo que é o tempo em áreas de stock, sendo que em anexo se pode verificar o estudo da mesma, ou seja, todos os pressupostos para os cálculos efetuados nesta tabela.

Estação	Scan-Out	Scan-In	LMM	LMW	Flat	Iron	Flat Kids	Jewelry	Stills	TOTAL
Média (h)	5,852	3,925	0,794	0,814	0,504	0,001	0,005	0,052	0,011	11,959
Máximo (h)	16,281	6,598	2,701	2,647	1,599	0,024	0,192	0,515	0,205	30,761

Tabela 15 - Tempo em Área de Stock

Como se pode verificar os artigos concentram mais de metade de um dia de trabalho em áreas de stock. Neste ponto, levantam-se questões sobre o funcionamento das mesmas, sobre a possibilidade de utilizar pontos críticos, como é o caso da estação de Scan-Out, para dissociar informação, ou seja, aproveitar áreas de stock como a da estação de Scan-Out para recolher

alguma informação relativa aos artigos. Um estudo deste género é algo que pode ser efetuado num trabalho futuro.

4.7.3 Layout da expansão

Como foi referido anteriormente, foi necessário um estudo para uma mudança de layout. De maneira a que o mesmo fosse o mais eficiente possível.

Na Figura 28, pode ser visualizado o resultado do processo de modelação do layout final. Nesta mesma modelação de layout foram já sendo utilizadas ideias que permitem a obtenção de layouts, o mais otimizados possíveis. A diferença desta modelação para a do edifício novo é que, neste caso, não houve oportunidade de reunir com os colaboradores da empresa, imprevisibilidade.



Figura 28 - Layout da Expansão

Como se pode visualizar a sequência de acontecimentos segue, aproximadamente, aquilo que era o layout antes da expansão. Os artigos entram na zona de Receção, efetuam Scan-In no primeiro piso e sobem pelo monta-cargas para o segundo piso. No segundo piso estão colocados no canto inferior direito os dois estúdios de Jewelry e efetuou-se uma divisão entre Live Model Men e Women. Live Model Women encontra-se do lado direito da planta e Live Model Men encontra-se do lado esquerdo a cor verde. Do lado esquerdo, no canto superior, a azul, encontram-se os três estúdios de Flat Kids. O processo continua com o regresso dos artigos ao primeiro piso onde se encontram Stills, no canto inferior esquerdo. Flat encontra-se na zona de expansão, canto superior esquerdo do primeiro piso, a azul. Por fim, o processo segue para Scan-Out, Packing e Expedição, como se pode verificar na Figura 28.

5 Conclusão e Trabalhos Futuros

As mais variadas conclusões foram sendo tiradas ao longo do percurso na empresa e do desenvolvimento do projeto. Este permitiu o desenvolvimento de um modelo de simulação muito útil no dia-a-dia da empresa. Isto porque pode auxiliar em decisões importantes ao nível operacional. Uma dessas decisões partia já por definir as áreas ótimas para o processo no novo edifício, ou seja, um dos objetivos deste projeto.

Com esse mesmo objetivo, o de minimizar áreas de stock intermédio foi criado um modelo que permitiu perceber em que pontos seria necessário uma concentração maior de esforços. Os objetivos iniciais foram cumpridos com sucesso, visto que, houve uma redução nas áreas de stock comparativamente àquilo que eram as previsões da empresa.

A primeira conclusão que se pode retirar são as variabilidades que afetam o processo e que, apesar de já serem problemas detetados, não tinham ainda um estudo que comprovasse o impacto das mesmas.

A segunda conclusão retirada do projeto foi a influência crescente de determinadas estações de trabalho no restante processo, ou seja, apesar de já existir uma visão geral daquelas que seriam as estações mais impactantes no processo, não existia a perceção de que o aumento de artigos iria destacar mais ainda essa influência de algumas estações, como é o caso de Live Model Men, Live Model Women, Flat e Scan-Out. Outra estação que se pode tornar crítica, em casos extremos, é a estação de Iron que não consegue ter um buffer de área suficientemente grande, que lhe permita não estrangular o processo num curto prazo de tempo.

Como verificado anteriormente, outra conclusão a retirar é o ganho que se pode obter ao reduzir o tempo de processo, aumentando alguns postos em estações de trabalho críticas, em diminuir áreas de stock e tempo em áreas de stock.

Algo que se pode retirar daqui é a importância da otimização de áreas de stock e o ganho que elas portam consigo, além dos ganhos que se podem também obter com a gestão visual das áreas de stock.

Como se pode verificar, existiu um ganho de cerca de 434 m², isto quando se trata de um cenário onde estão a ser ocupadas todas as áreas perigosas para o fluxo do processo. No entanto, se o processo decorrer naturalmente, o espaço que se deve ocupar é cerca de menos 768 m², do que aquilo que estava planeado.

Numa análise efetuada com base no custo que temos por cada metro quadrado, estudo que contém informação confidencial que não pode ser revelada pela empresa, pode-se verificar que existe um custo de 51,2 €/m², anualmente.

Considerando que o espaço físico para o caso de utilização de áreas perigosas continua a ser um custo, obtém-se um ganho total de cerca de 22.220 € anualmente.

Contemplando os ganhos com a diminuição do tempo em processo, onde se verificam ganhos anuais na ordem dos 117.900 €, espera-se que, num futuro próximo, a produção digital obtenha um ganho total de cerca de 140.120 €, com a otimização de espaço e de aumento do número de postos de trabalho efetuados neste estudo.

Para além disto, de encontro com aquilo que são as expetativas da empresa, a redução de espaço destinado a stock permite a obtenção de um espaço, para produção, mais “limpo” e com melhores condições de trabalho.

5.1.1 Trabalhos Futuros

Após a elaboração deste projeto, os estudos demonstraram que existem alguns pontos que podem ser explorados no futuro, neste capítulo, pretende-se descrever melhor quais seriam as ideias e os projetos que podem ser desenvolvidos.

Para tal foram realizadas algumas reuniões com os objetivos atuais do projeto e com os pontos mais relevantes a retirar do mesmo. Colocando em evidência também as propostas de trabalhos futuros aqui presentes.

1. Um dos quais é o estudo das causas da variabilidade da estação de Scan-Out. Como demonstrado no capítulo 4, existe uma variabilidade grande no processo de Scan-Out, isto influencia muito aquilo que seriam as áreas ótimas de stock e fazem variar também aquilo que serão o número de postos de trabalho. Desassociar a excessividade de informação do processo ao longo do processo é um dos estudos que pode ser realizado e perceber quais serão os resultados. Como foi demonstrado na Tabela 5, uma diminuição nesta variabilidade pode levar a resultados muito mais fiáveis e positivos.
2. O estudo de um processo alternativo que permita não colocar uma sobrecarga de artigos tão grande na estação de Iron é outra possibilidade. Perceber como estaria organizado o processo de modo a evitar que uma paragem de Iron impactasse o processo de um modo tão “agressivo”;
3. Outras estações que também exigem um cuidado muito maior são as estações de Flat e Live Model Men e Women. Ambas as estações demonstraram se fulcrais no tempo em processo. Em termos de tempo de ciclo são consideradas *bottlenecks* pela quantidade de tempo que despendem e pela quantidade de artigos que têm de produzir. Além dos estudos de variabilidade, a estação de Live Model Men e Women é aquela que acarreta mais custos e número de colaboradores, seria um ponto fulcral perceber se a performance dos mesmos permite acrescentar funções àquelas que atualmente são realizadas pelos mesmos.
4. Um estudo sobre melhorias de tempo em áreas de stock é também de alguma relevância. Foi perceptível através da Tabela 15, que serão despendidas, em média, aproximadamente 12 horas/artigo em áreas de stock. No entanto podem mesmo chegar a ser, aproximadamente 30 horas. A questão que se levanta é de que forma se podem aproveitar os tempos de paragem dos artigos no processo. Será que existe alguma forma de aqui haver uma estação intermediária? Isto porque grande parte das horas perdidas em área de stock, são perdidas em áreas de stock prévias à estação de Scan-Out;
5. Um estudo que pode acrescentar muito valor é a diminuição da variabilidade geral do processo. Apesar de a estação de Scan-Out ser aquela onde existem maiores desvios padrões, não é a única que sofre de uma grande variabilidade em termos de tempo de ciclo. Uma mudança no processo poderia passar por no futuro ter em atenção as horas de formação dos colaboradores e a performance dos mesmos ao longo do tempo. Como a empresa tem picos produtivos muito acentuados, existe a necessidade de ter alguns colaboradores apenas durante determinadas épocas do ano. Estudos realizados à parte demonstram que o impacto da formação destes colaboradores é bastante grande, não só em termos de produtividade dos mesmos como também daqueles que os acompanham nas formações. Isto tem grande impacto no processo durante um período de tempo. Este projeto foi realizado com todas as variáveis colocadas em simultâneo. Um projeto futuro passaria por um estudo onde existiriam apenas colaboradores produtivos, ou seja, onde não existiriam colaboradores em formação. Isto permitiria perceber quais seriam os ganhos do processo neste caso. Daqui poder-se-ia efetuar uma análise custo-benefício de ter um colaborador a tempo inteiro, mesmo que este tenha tempos de paragem muito grandes ao longo de um ano de trabalho.

Em reuniões com as equipas, verificou-se que alguns trabalhos futuros teriam deveras muito interesse em serem analisados. Houve até a possibilidade de juntar ideias e construir projetos mais complexos. Um dos mesmos foi alterar, por exemplo, o modo como são organizados os postos de trabalho na estação de Flat. Até aqui as estações funcionaram de modo individual. A ideia aqui seria, em época de pico de produção, juntar dois postos de trabalho numa célula. Deste modo, os colaboradores que entrariam no curto prazo aprenderiam apenas a fotografar artigos mais básicos, enquanto que colaboradores com mais tempo no processo fariam artigos mais complexos e, caso os mesmos não fossem suficientes, artigos considerados básicos.

Estes projetos foram demarcados com uma importância relevante pela equipa, demonstrando que a construção deste modelo e deste projeto não se cingiu apenas aos objetivos que foram traçados, mas deram a possibilidade de, no futuro, acrescentar ainda mais valor ao processo.

Referências

- Chiba, Eishi. "Heuristics for the Buffer Allocation Problem with Collision Probability Using Computer Simulation." *Mathematical Problems in Engineering* 2015 (2015).
- Chwif, Leonardo, Marcos Ribeiro Pereira Barretto, and Eduardo Saliby. "Supply Chain Analysis: Supply Chain Analysis: Spreadsheet or Simulation?" Paper presented at the Proceedings of the 34th conference on Winter simulation: exploring new frontiers, 2002.
- Gershwin, Stanley B, and James E Schor. "Efficient Algorithms for Buffer Space Allocation." *Annals of Operations research* 93, no. 1 (2000): 117-44.
- Grigoryev, Ilya. "Anylogic 7 in Three Days." *A quick course in simulation modeling* (2015).
- Hopp, Wallace J, and Mark L Spearman. "To Pull or Not to Pull: What Is the Question?." *Manufacturing & service operations management* 6, no. 2 (2004): 133-48.
- Ingalls, Ricki G. "Introduction to Simulation." Paper presented at the Proceedings of the 40th Conference on Winter Simulation, 2008.
- Kleijnen, Jack PC. "Supply Chain Simulation Tools and Techniques: A Survey." *International Journal of Simulation and Process Modelling* 1, no. 1-2 (2005): 82-89.
- Kolb, Oliver, and Simone Göttlich. "A Continuous Buffer Allocation Model Using Stochastic Processes." *European Journal of Operational Research* 242, no. 3 (2015): 865-74.
- Ohno, Taiichi. *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. crc Press, 1988.
- Sargent, Robert G. "Verifying and Validating Simulation Models." Paper presented at the Proceedings of the 28th conference on Winter simulation, 1996.
- Schor, James Edward. "Efficient Algorithms for Buffer Allocation." Massachusetts Institute of Technology, 1995.
- Vergara, Hector A, and David S Kim. "A New Method for the Placement of Buffers in Serial Production Lines." *International Journal of Production Research* 47, no. 16 (2009): 4437-56.
- Weiss, Sophie, Justus Arne Schwarz, and Raik Stolletz. "The Buffer Allocation Problem: A Joint Classification and Review of Decision Problems, Solution Approaches, and Test Instances." (2016).
- Yang, Taho, and Chih-Ching Hung. "Multiple-Attribute Decision Making Methods for Plant Layout Design Problem." *Robotics and computer-integrated manufacturing* 23, no. 1 (2007): 126-37.
- Previsões do eMarketer: <http://www.smartinsights.com/digital-marketing-strategy/online-retail-sales-growth/>
- Publicação New York Times: <https://www.nytimes.com/2017/05/29/fashion/luxury-goods-outlook.html>

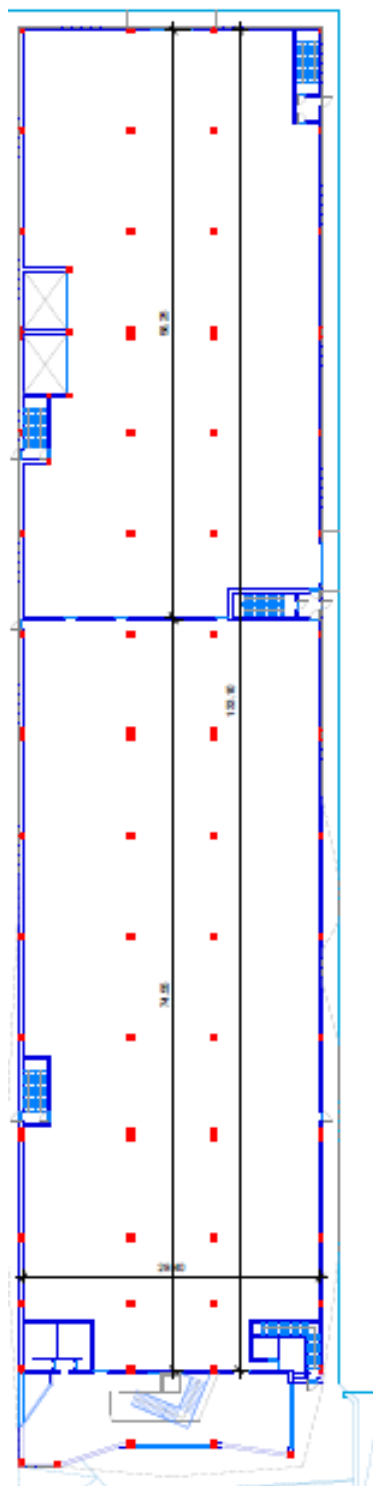
Bibliografia

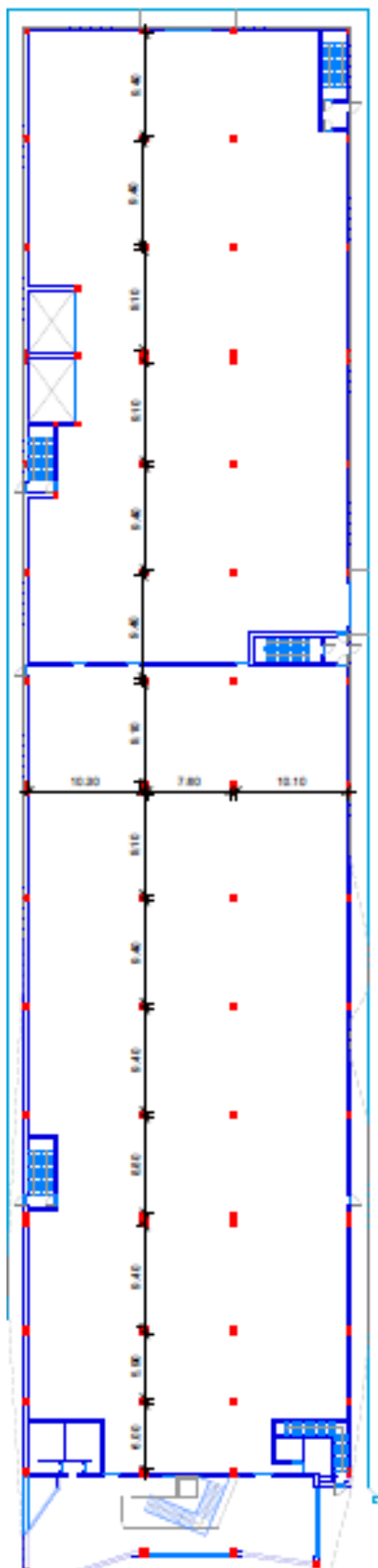
Borshchev, A. (2013). *The Big Book of Simulation Modeling: Multimethod Modelling with AnyLogic 6*. AnyLogic North America, USA.

Demir, L.; Tunali, S.; Tursel Eliiyi, D. (2012). *The state of the art on buffer allocation problem: a comprehensive survey*. Springer Science + Business Media LLC, USA.

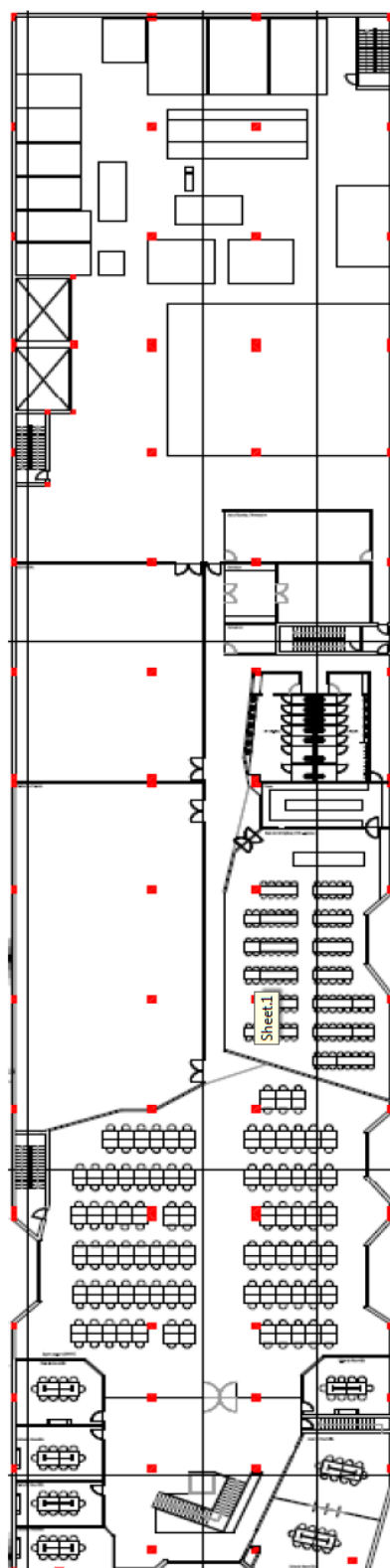
ANEXO A: Planta do Edifício

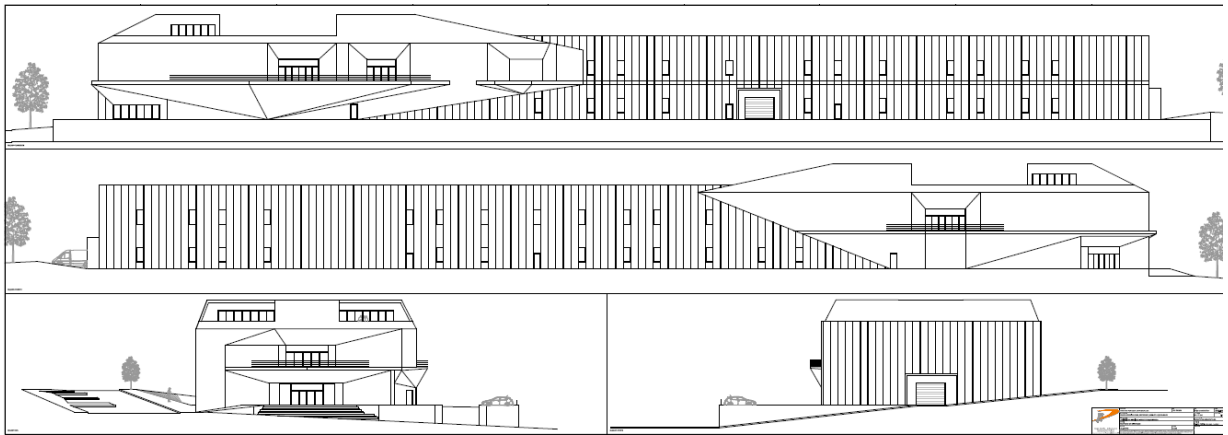
1º Piso





2º Piso





ANEXO B: Ficheiro excel com previsões da empresa

Nº items (peak day)	6250
% Duplicates	21%
Number of shifts	2

% of items		100%	100%	51%
		Scan-in	Scan-out	Iron
AVG	[items/day]	315	166	450
	Nº workstations	19,84127	38	8
	Considering shifts	10	19	4
TARGET	[items/day]	350	190	450
	No workstations	18	33	8
	Considering shifts	9	17	4
AVG - σ	[items/day]	276	150	450
	Nº workstations	23	42	8
	Considering shifts	12	21	4
Workstation Area Needed				
Extra Capacity AVG (items/hour)		6,944444	0	0
Extra Capacity (items p/ hour)		7,716049	0	0
Extra Capacity (hours/day)		1,142857	0	0

	ClothW	ClothM	AccLMW	AccLMM	JewW	JewM	ClothKids
% not duplicate	32,60%	22,20%	9,80%	2,10%	1,95%	0,38%	10,20%
79%	25,8%	17,5%	7,7%	1,7%	1,5%	0,3%	8,1%

19,49%	19,49%	35,03%	35,03%	43%	8,1%	27,7%	1,83%
LMM1	LMM2	LMW1	LMW2	Flat	Flat kids	Stills	Stills jew
145	190	114	157	90	70	72	36
9	7	20	14	31	8	25	4
5	4	10	7	16	4	13	2
160	201	120	174	104	70	84	45
8	7	19	13	27	8	21	3
4	4	10	7	14	4	11	2
129	172	104	133	81	55	61	25
10	8	22	17	34	10	29	5
5	4	11	9	17	5	15	3

20,13888889	26,38889	0	0	12,5	0	10	0
22,22222222	27,91667	0	0	14,44444	0	11,66667	0
7,2	7,2	0	0	7,2	0	7,2	0

AccKids	Beauty	Acc	LingW	LingM	AccBaby	FTP
1,20%	0,00%	21,90%	0,00%	0,00%	0,00%	2,62%
0,9%	0,0%	17,3%	0,0%	0,0%	0,0%	2,1%

100%	100%	97,68%	2,30%	0,00%		
PH-quality	ED-quality	Editing	Editing jew	Editingling	US ed	US ed jew
454	691	78	32	37	34	57
14	10	79	5	0	0	0
7	5	40	3	0	0	0
500	820	88	44	44	88	44
13	8	70	4	0	0	0
7	4	35	2	0	0	0
392	575	69	23	26	22	48
16	11	89	7	0	0	0
8	6	45	4	0	0	0

0	0	10,8640624	4,37667082	0	0	0
0	0	12,2222222	6,111111111	0	0	0
0	0	7,2	7,2	0	0	0

				100%
US ed ling	HK ed	BR edit	BR edit ling	Packing
33	58	55	44	1400
0	0	0	0	5
0	0	0	0	3
44	88	88	88	1150
0	0	0	0	6
0	0	0	0	3
24	45			1150
0	0	#DIV/0!	#DIV/0!	6
0	0	#DIV/0!	#DIV/0!	3

0	0	0	0	194,4444
0	0	0	0	159,7222
0	0	0	0	7,2

Sample Year	2016-2017
Daily Arrived	1875
Daily Produced	2700
Produced Scenario	5000
Total stock	11924

	readyIronLMM	readyIronLMW	ReadyLMMClo
	50	75	510
	6	9	57
Rails	6	9	57
Boxes			
Boxes Jew			
Area Needed	5,4	8,1	51,3
Area Needed (m^2)	6	9	52

Stock Area	Area Needed	L
Stock Iron Men	6	3
Stock Iron Women	9	3
Stock LMM	67	3
Stock LMW	159	3
Stock Flat Men	56	3
Stock Flat Women	79	3
Stock Stills Not LM	16	1,2
Stock Stills LM	64	3
Stock waiting for QC	134	3
Stock Scan Out	296	3
Stock Packing	5	1,2

Safety factor W

	Avg items no.	L
Big Rail	9	150
Avg items per rail Acc.	4	80
Avg items per box (stills)	5	60
Avg items per box (Jew)	3	60

ReadyLMMAcc	ReadyLMWClo	ReadyLMWAcc	ReadyFlatM
123	988	491	558
31	110	123	62
31	110	123	62
14,88	99	59,04	55,8
15	99	60	56

W	W with Halls	True Area Needed	W
2	2,3	7	1,2
3	3,45	11	1,2
23	26,45	80	1,2
53	60,95	183	1,2
19	21,85	66	1,2
27	31,05	94	1,2
14	16,1	20	0,8
22	25,3	76	1,2
45	51,75	156	1,2
99	113,85	342	1,2
5	5,75	7	0,8
	Total Area Needed	1042	
1,15			Safety factor L

W	H	Area (m^2)
60		0,9
60		0,48
40	40	0,24
40	10	0,24

ReadyFlatW	ReadyFlatK	ReadyStillsNotLM	ReadyStillsLM
776	4	1252	343
87	1	251	86
87	1		86
		251	
78,3	0,9	15,06	41,28
79	1	16	42

L	L with Halls	True Area Needed
5	5,75	7
8	9,2	12
56	64,4	78
133	152,95	184
47	54,05	65
66	75,9	92
20	23	19
54	62,1	75
112	128,8	155
247	284,05	341
7	8,05	7
		1035
1,15		

ReadyStillsJew	ReadyStillsK	ReadyQualityCheck	ReadyScanOut
271	138	1434	3126
91		104	226
		146	319
	138	66	144
91		11	24
21,84	8,28	133,3705881	295,2771235
22	9	134	296

ANEXO C: Ficheiro de excel com resultados

Estudos de Scan-In

1 Month Simulation (items)	Scan-In	LMM	LMW	Scan-Out			Items/slot	43
	Capacity 10	3930	286	553	7719		Avg. Area/box	0,63
	Capacity 11	3726	344	726	10059		Avg. Box/slot	3
	Capacity 12	3720	414	859	10289		Floors	2
	Capacity 13	3720	554	1044	11755			
Percentage	Capacity 11	5,19%	-20,28%	-31,28%	-30,31%			
	Capacity 12	5,34%	-44,76%	-55,33%	-33,29%			
	Capacity 13	5,34%	-93,71%	-88,79%	-52,29%	TOTAL		
Area	Capacity 10	87	29	56	772	944		
	Capacity 11	82	35	73	1006	1196		
	Capacity 12	82	42	86	1029	1239		
	Capacity 13	82	56	105	1176	1419		

Estudos de Scan-Out

3 months simulation	Capacity 18					Capacity 20				
		LMW	LMM	Scan-Out			LMW	LMM	Scan-Out	
	1	510	266	9351	stdev: 7	1	515	301	4964	stdev: 7
	2	553	286	7719	stdev: 6,75	2	518	287	4846	stdev: 6,75
	3	513	272	4341	stdev: 5,5	3	529	251	3499	stdev: 5,5
	4	555	238	3485	stdev: 4,5	4	588	264	2647	stdev: 4,5
	5	635	288	2506	stdev: 3,5	5	570	313	2418	stdev: 3,5
	6	553	280	1771	stdev: 2,5	6	485	277	1302	stdev: 2,5
	Average	554	272	4863		Average	535	283	3280	

Capacity 22					Capacity 24				
	LMW	LMM	Scan-Out			LMW	LMM	Scan-Out	
1	566	278	4059	stdev: 7	1	508	251	2437	stdev: 7
2	528	266	2790	stdev: 6,75	2	511	282	2423	stdev: 6,75
3	507	315	2557	stdev: 5,5	3	567	270	2407	stdev: 5,5
4	568	272	2577	stdev: 4,5	4	562	291	1954	stdev: 4,5
5	503	258	1738	stdev: 3,5	5	581	290	1534	stdev: 3,5
6	605	323	943	stdev: 2,5	6	576	311	534	stdev: 2,5
Average	547	286	2444		Average	551	283	1882	

Scan-Out Interference?	LMW	18	20	22	24
	1	510	515	566	508
	2	553	518	528	511
	3	513	529	507	567
	4	555	588	568	562
	5	635	570	503	581
	6	553	485	605	576
	7	554	535	547	551
	LMM	18	20	22	24
	1	266	301	278	251
	2	286	287	266	282
	3	272	251	315	270
	4	238	264	272	291
	5	288	313	258	290
	6	280	277	323	311
	7	272	283	286	283

Area				Realistic
	20	22	24	
stdev: 6,75	484,6	279	242,3	
stdev: 5,5	349,9	255,7	240,7	
stdev: 4,5	264,7	257,7	195,4	
stdev: 3,5	241,8	173,8	153,4	Not (So)
stdev: 2,5	130,2	94,3	53,4	Real

Area Analysis					
Scan-Out Capacity	18	20	22	24	Average
Iron	17	15	15	17	16
Flat Kids	8	9	10	7	9
Stills	26	23	26	26	26
Flat	326	315	366	325	333
Jewelry	8	10	6	11	9
Packing	6	7	6	7	7

Estudos de Live Model

Live Model								
Scan-out	LMW	LMM		After Iron Actual Space		Category	Percentage	Space
1	554	272		49,5		ClothKids	9,98%	4,94
2	535	283				ClothM	34,61%	17,13
3	547	286		Total LM		ClothU	0,45%	0,22
4	551	283		92		ClothW	52,97%	26,22
Average	547	281				LingerieMen	0,63%	0,31
						LingerieUni	0,00%	0,00
						LingerieWomen	1,36%	0,67
	LMW	LMM	TOTAL					
Avg. items	547	281	828					
Area	55	29	84	>263				
Max.items	635	323	958	92<x<263				
Area	64	33	97	<92				

LMM Capacity	4	5	6	7	Average
Iron	17	15	18	14	16
Flat Kids	8	7	11	7	9
Stills	26	27	37	31	31
Flat	326	521	529	483	465
Jewelry	8	12	9	8	10
Packing	6	6	6	7	7
LMW Capacity	9	10	11	12	Average
Iron	17	14	21	15	17
Flat Kids	8	8	7	8	8
Stills	26	28	30	50	34
Flat	326	463	598	639	507
Jewelry	8	12	13	14	12
Packing	6	5	5	6	6

Estudos de Flat e Stills

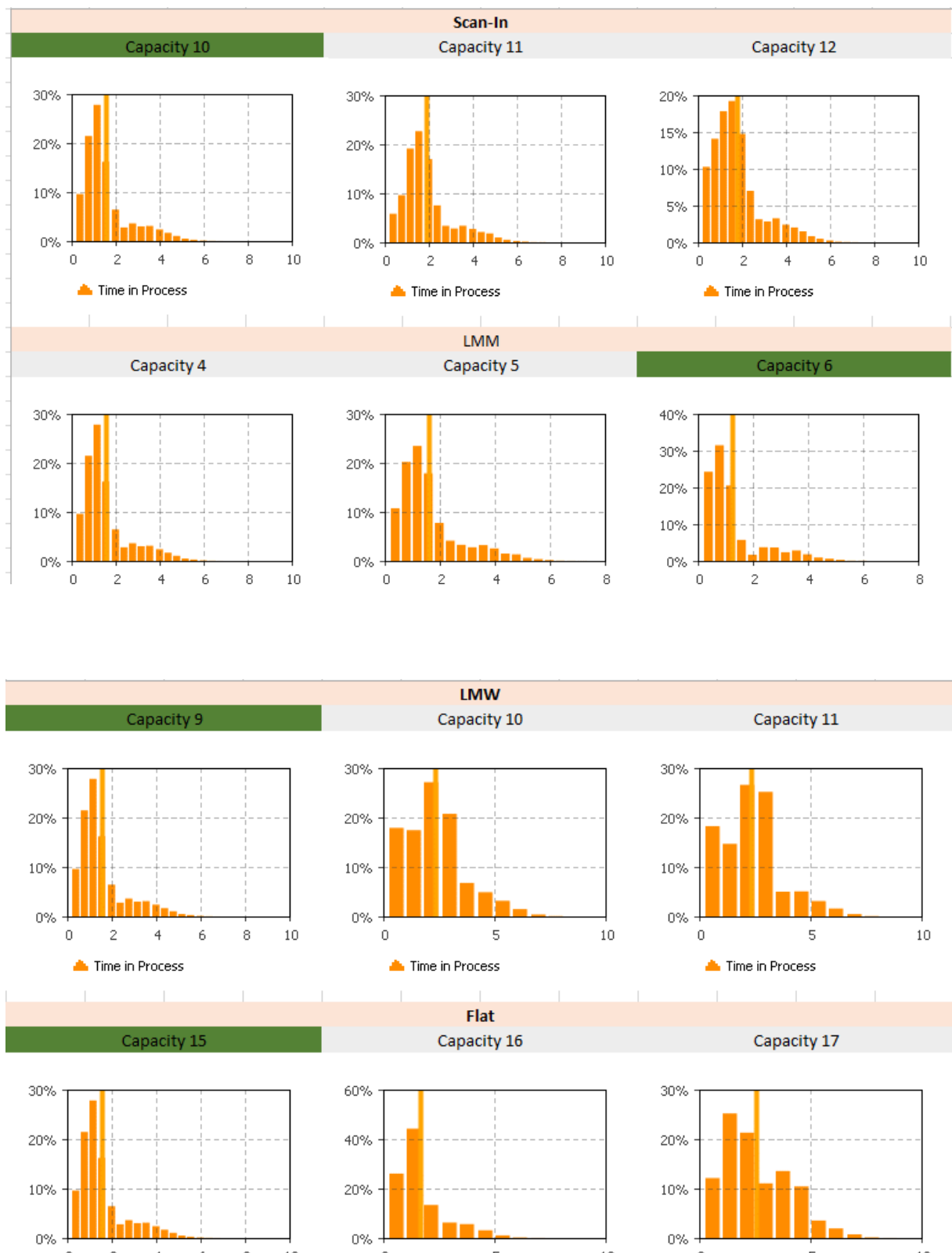
Stills e Flat			
LMW	Stills	Flat	
1	26	333	
2	28	465	
3	30	507	
4	50	331	
Average	34	409	
	Stills	Flat	TOTAL
Avg. items	34	409	443
Area	4	41	45
Max.items	50	639	689
Area	5	64	69

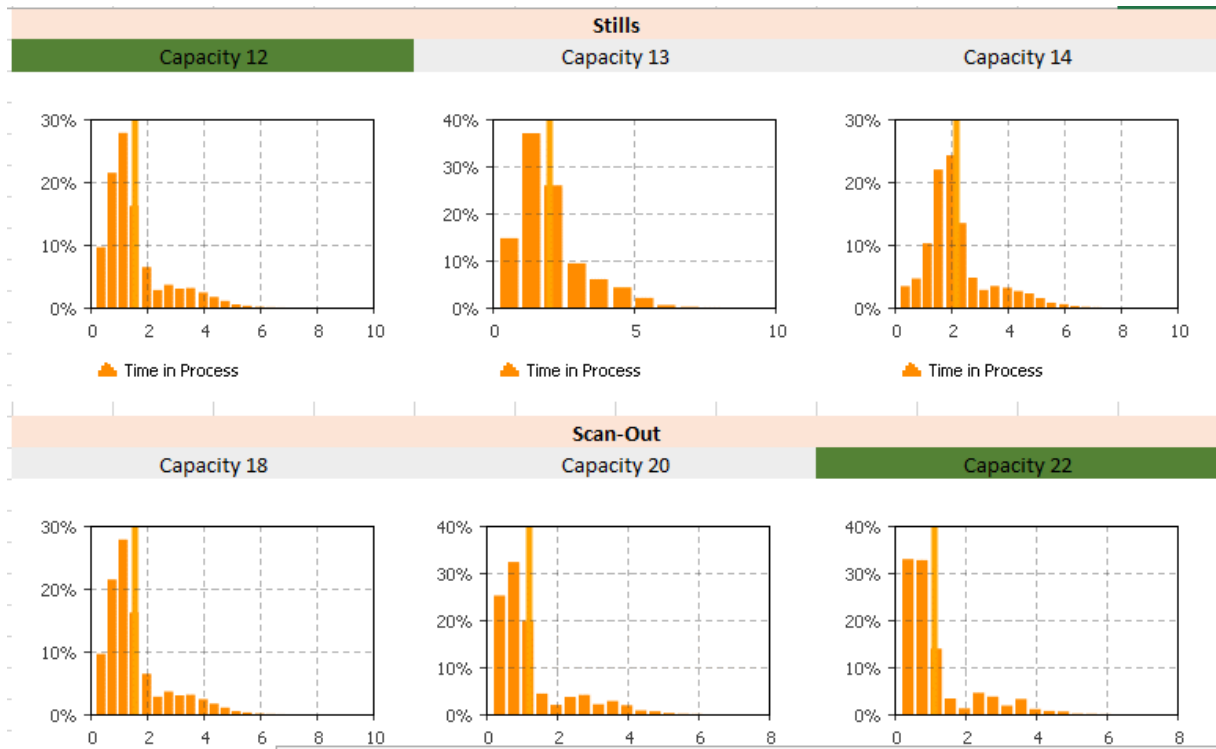
Estudos de Iron e Flat Kids

Iron Capacity	4	5	6	7	Average
LMM	286	323	245	240	274
LMW	553	645	480	547	557
Flat Kids	7	8	8	6	8
Stills	26	23	33	29	28
Flat	339	325	340	326	331
Jewelry	8	8	9	8	9
Packing	6	6	6	8	7
Scan-out	7719	8794	8833	8006	8338

Iron e Flat Kids				
	Flat Kids	Iron	Jewelry	Packing
	9	16	9	7
	9	16	10	7
	8	17	12	6
Average	9	17	11	7
	Flat Kids	Iron	Jewelry	Packing
Avg. items	9	17	11	7
Area	1	2	2	1
Max.items	9	17	12	7
Area	1	2	2	1

Tempo em Processo





Scan-Out Capacity - 21						Scan-Out Capacity - 22					
Time in Process						Time in Process					
0,2	0,6	47090	0,4	0,295933	0,118373	0,2	0,6	53132	0,4	0,307764	0,123105
0,6	1,0	51590	0,8	0,324213	0,25937	0,6	1,0	58896	0,8	0,341151	0,272921
1,0	1,4	27738	1,2	0,174317	0,20918	1,0	1,4	24811	1,2	0,143716	0,172459
1,4	1,8	5194	1,6	0,032641	0,052226	1,4	1,8	5493	1,6	0,031818	0,050909
1,8	2,2	2395	2,0	0,015051	0,030102	1,8	2,2	2546	2,0	0,014748	0,029495
2,2	2,6	6729	2,4	0,042288	0,101491	2,2	2,6	7430	2,4	0,043038	0,103291
2,6	3,0	6498	2,8	0,040836	0,114341	2,6	3,0	7168	2,8	0,04152	0,116256
3,0	3,4	2684	3,2	0,016867	0,053976	3,0	3,4	3032	3,2	0,017563	0,056201
3,4	3,8	5003	3,6	0,031441	0,113187	3,4	3,8	5313	3,6	0,030775	0,110791
3,8	4,2	1896	4,0	0,011915	0,047661	3,8	4,2	2290	4,0	0,013265	0,053059
4,2	4,6	1011	4,4	0,006354	0,027956	4,2	4,6	1121	4,4	0,006493	0,028571
4,6	5,0	960	4,8	0,006033	0,028959	4,6	5,0	1063	4,8	0,006157	0,029555
5,0	5,4	166	5,2	0,001043	0,005425	5,0	5,4	163	5,2	0,000944	0,00491
5,4	5,8	120	5,6	0,000754	0,004223	5,4	5,8	126	5,6	0,00073	0,004087
5,8	6,2	41	6,0	0,000258	0,001546	5,8	6,2	50	6,0	0,00029	0,001738
6,2	6,6	4	6,4	2,51E-05	0,000161	6,2	6,6	0	6,4	0	0
6,6	7,0	4	6,8	2,51E-05	0,000171	6,6	7,0	5	6,8	2,9E-05	0,000197
7,0	7,4	1	7,2	6,28E-06	4,52E-05			172639			1,157544
		159124			1,168392						

Best Scenario					Scan-Out - 20				
Workstation	Max Stock	Area	Prev. Area	Winning	Workstation	Max Stock	Area	Prev. Area	Winning
Scan-In	3895	86	87	1	Scan-In	3882	86	87	1
Iron	14	2	2	0	Iron	17	2	2	0
Flat Kids	7	1	1	0	Flat Kids	13	2	1	-1
LMW	598	60	55	-5	LMW	546	55	55	0
LMM	22	3	29	26	LMM	298	30	29	-1
Jewelry	10	1	2	1	Jewelry	8	1	2	1
Stills	30	3	4	1	Stills	31	4	4	0
Flat	481	49	41	-8	Flat	330	33	41	8
Scan-Out	4122	413	485	72	Scan-Out	4734	474	484,6	10,6
Packing	6	1	1	0	Packing	7	1	1	0
	TOTAL	619	TOTAL	88		TOTAL	688	TOTAL	19

*no compensation

Scan-Out - 22				
Workstation	Max Stock	Area	Previous Area	Winning
Scan-In	3905	86	87	1
Iron	14	2	2	0
Flat Kids	9	1	1	0
LMW	566	57	55	-2
LMM	298	30	29	-1
Jewelry	10	1	2	1
Stills	28	3	4	1
Flat	322	33	41	8
Scan-Out	3044	305	279	-26
Packing	7	1	1	0
	TOTAL	519	TOTAL	-18

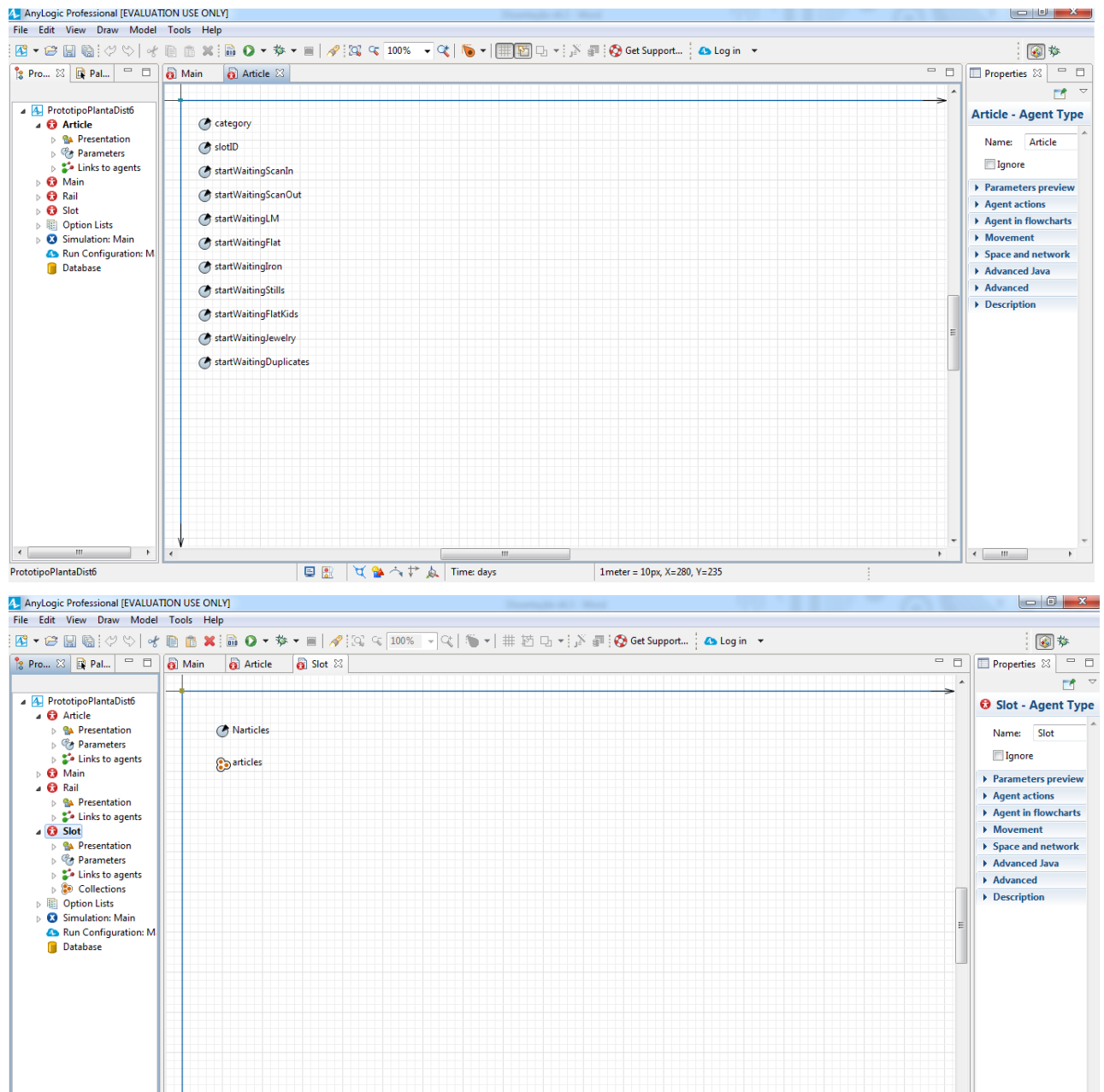
SO	20		22		24	
	Mean (h)	Max(h)	Mean (h)	Max(h)	Mean (h)	Max(h)
Scan-Out	6,072	19,392	4,87	11,33	3,38	7,90
Scan-In	3,888	6,6	4,08	6,58	3,79	6,67
LMM	0,912	3,072	0,86	3,29	0,82	2,64
LMW	0,912	3,072	0,96	3,14	0,94	3,26
Flat	0,48	1,656	0,50	1,49	0,41	1,49
Iron	0,001032	0,024	0,001032	0,024	0,001032	0,024
Flat Kids	0,00528	0,24	0,00528	0,12	0,00528	0,12
Jewelry	0,048	0,456	0,048	0,456	0,048	0,456
Stills	0,0096	0,192	0,0096	0,192	0,0096	0,192
TOTAL	12,33	34,70	11,34	26,62	9,40	22,75
LMW	9		10		11	
	Mean (h)	Max(h)	Mean (h)	Max(h)	Mean (h)	Max(h)
Scan-Out	6,072	19,392	5,52	16,008	6,312	14,256
Scan-In	3,888	6,6	3,792	6,672	3,96	6,576
LMM	0,912	3,072	0,792	2,352	0,888	3,144
LMW	0,912	3,072	0,408	1,416	0,096	0,408
Flat	0,48	1,656	0,72	2,04	0,984	2,64
Iron	0,001032	0,024	0,001032	0,024	0,001032	0,024
Flat Kids	0,00528	0,24	0,00528	0,096	0,00528	0,096
Jewelry	0,048	0,456	0,072	0,84	0,072	0,6
Stills	0,0096	0,192	0,012	0,192	0,024	0,336
TOTAL	12,33	34,70	11,32	29,64	12,34	28,08

LMM	4		5		6	
	Mean (h)	Max(h)	Mean (h)	Max(h)	Mean (h)	Max(h)
Scan-Out	6,072	19,392	6,864	22,128		
Scan-In	3,888	6,6	4,008	6,576		
LMM	0,912	3,072	0,072	0,72		
LMW	0,912	3,072	0,936	2,76		
Flat	0,48	1,656	0,792	2,28		
Iron	0,001032	0,024	0,001032	0,024		
Flat Kids	0,00528	0,24	0,00528	0,24		
Jewelry	0,048	0,456	0,048	0,576		
Stills	0,0096	0,192	0,0096	0,192		
TOTAL	12,32791	34,704	12,73591	35,496	0	0
Flat	15		16		17	
	Mean (h)	Max(h)	Mean (h)	Max(h)	Mean (h)	Max(h)
Scan-Out	6,072	19,392	6,384	14,16	6,744	15,744
Scan-In	3,888	6,6	4,032	6,576	3,96	6,528
LMM	0,912	3,072	0,84	2,64	0,816	2,64
LMW	0,912	3,072	0,96	2,76	1,008	3,072
Flat	0,48	1,656	0,192	0,792	0,024	0,24
Iron	0,001032	0,024	0,001032	0,024	0,001032	0,024
Flat Kids	0,00528	0,24	0,00528	0,24	0,00528	0,24
Jewelry	0,048	0,456	0,048	0,456	0,048	0,456
Stills	0,0096	0,192	0,0096	0,192	0,0096	0,192
TOTAL	12,32791	34,704	12,47191	27,84	12,61591	29,136
SO	21					
	Mean (h)	Max(h)				
Scan-Out	5,472	15,408				
Scan-In	3,984	6,6				
LMM	0,864	2,856				
LMW	0,912	2,76				
Flat	0,504	1,584				
Iron	0,001032	0,024				
Flat Kids	0,00528	0,24				
Jewelry	0,048	0,456				
Stills	0,01	0,19				
TOTAL	11,80	30,12				

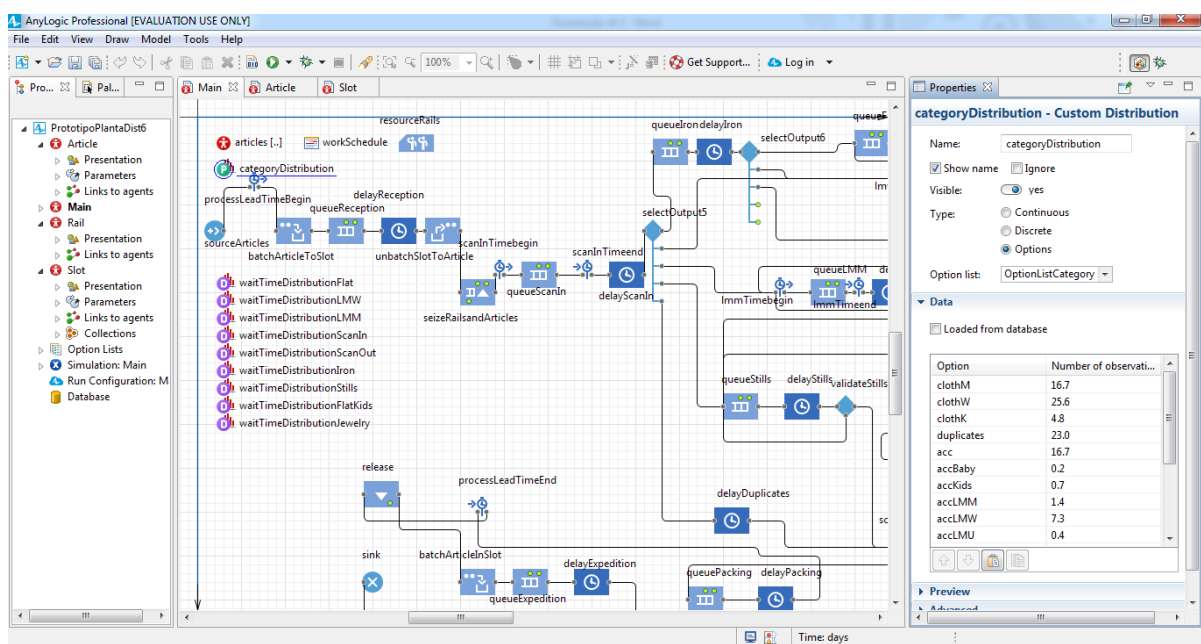
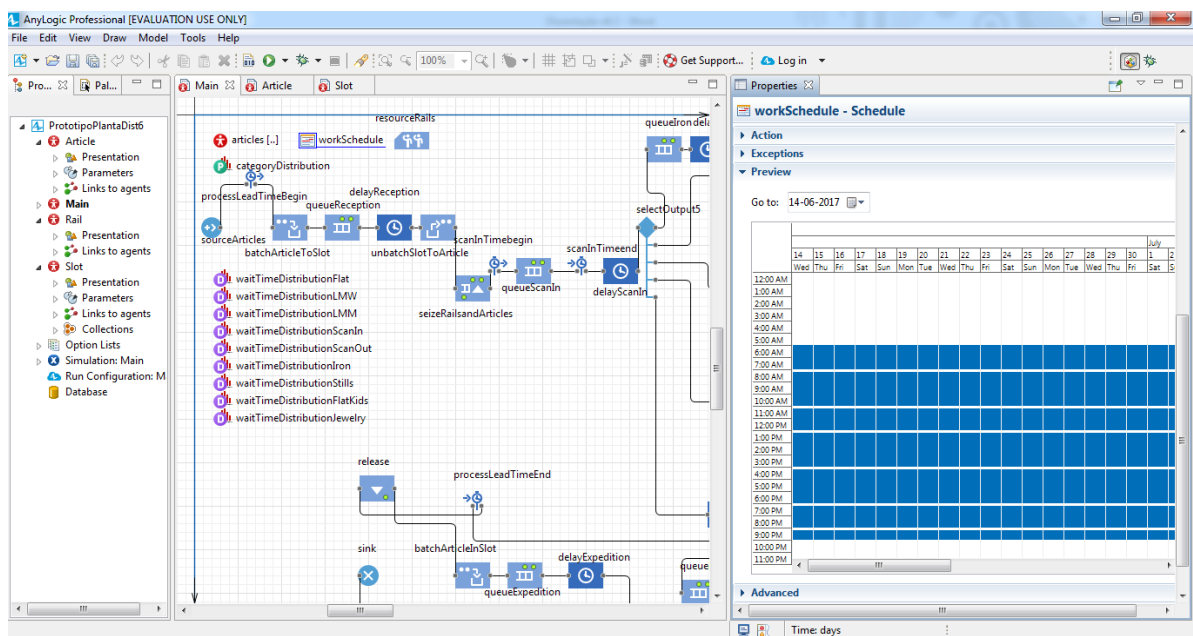
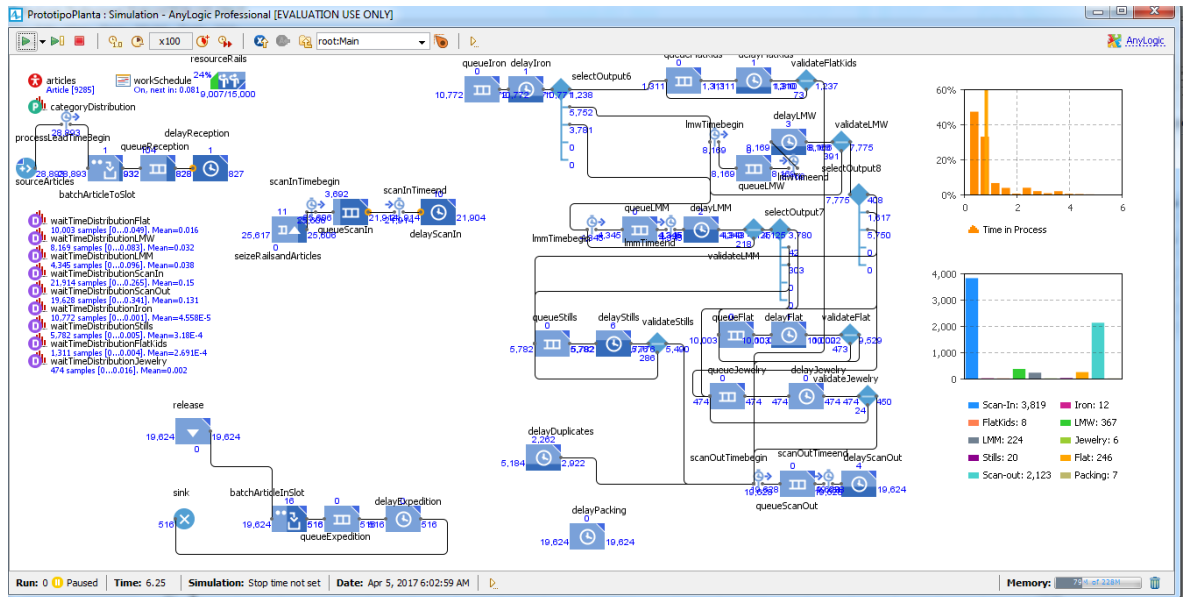
Áreas máximas

Min. Person to 1 day stock									
N. Workstations	Scan-In	Iron	Flat Kids	LMW	LMM	Flat	Jewelry	Stills	Scan-Out
	9	2	2	7	3	13	1	7	18
Stress Test									
	Scan-In	Iron	Flat Kids	LMW	LMM	Flat	Jewelry	Stills	Scan-Out
Max Area Disp.	85	40	6,5	80	40	75	5	30	310
Max items	3868	267	43	533	267	500	33	200	2067
Tempo (h)	24	1	1,25	3	2,5	2,5	3	1,5	5,5
Intermediate Test									
	Scan-In	Iron	Flat Kids	LMW	LMM	Flat	Jewelry	Stills	Scan-Out
Max Area Disp.	85	24	6	63	32	68	4	21	170
Max items	3868	160	37	417	210	450	17	138	1130
Tempo (h)	24	0,5	1	2	2	2	2	1	3
Validation Space									
	Scan-In	Iron	Flat Kids	LMW	LMM	Flat	Jewelry	Stills	Scan-Out
Max Area Disp.	85	80	11	107	64	120	7	80	339
Max items	3868	533	73	713	427	800	47	533	2260
Tempo (h)	24	2	2	4	4	4	4	4	6
Simulação	24	2	2	4	4	4	4,5	4	6
Validação	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Better Scenario	OK	OK
Stock Area Division									
	Scan-In	Iron	Flat Kids	LMW	LMM	Flat	Jewelry	Stills	Scan-Out
1st floor	85	2	1	55	29	41		2	4
2nd floor	85	24	6	63	32	68		4	21
3rd floor	85	40	11	80	40	120		7	30

ANEXO D: Modelo de Simulação



Desenho e Simulação da operação de fotografia de artigos de moda para uma empresa de comércio eletrônico



ANEXO E: Questionário

Validação do Modelo de Simulação

Circunde de 1 a 5, tendo em conta o significado dos algarismos, entre as seguintes questões:

1	2	3	4	5
Discordo totalmente	Discordo	Não concordo nem discordo	Concordo	Concordo totalmente

1. Concorda com a organização do modelo de simulação?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

2. Confirma que os tempos de ciclo são aqueles que, normalmente, são registados nas estações?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

3. Acha que as previsões podem estar corretas?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

4. Concorda com a metodologia utilizada para o cálculo de áreas?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

5. Em geral, acha que o modelo de simulação e os resultados estão coerentes e realistas?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Sugestões:

--